

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAFIČKI FAKULTET

IVAN GATARIĆ

INOVACIJE U SITOTISKU

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2014.



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

IVAN GATARIĆ

INOVACIJE U SITOTISKU

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

prof. dr. sc. Nikola Mrvac

Student:

Ivan Gatarić

Zagreb, 2014.

Rješenje o odobrenju dipl. rada

Zahvaljujem se profesoru Mrvcu na vrhunskom mentorstvu, usmjerenju rada, stručnim savjetima, i strpljenju tokom izrade ovog diplomskog rada. Također bih zahvalio djelatnicima i kolegama koji su me strpljivo i u najboljoj namjeri saslušali i doprinijeli radu svojim stručnim znanjem i savjetima. Od njih bih posebno izdvojio predsjednika Hrvatske udruge sitotiskara Dag Knepra bez kojega temeljno istraživanje rada ne bi bilo moguće, te kolega i suradnik, animator Alan Kichl koji je realizirao ideju simulacije inovacije u sitotisku.

Najveću zahvalu zaslužuje moja obitelj i prijatelji, a najviše moja majka Jasenka Matejak – Gatarić koja je bila najveći poticaj i potpora u mojem životu.

SAŽETAK

Ulaskom u 21. stoljeće vidimo nagli porast u razvoju tehnologije. Revolucionarna otkrića i skokovi u znanosti i tehnologiji postavljaju nove standarde u ekonomiji suvremenog kapitalizma i potrebama modernog društva. Posljedice tih skokova se također mogu vidjeti i u grafičkoj industriji.

Razvoj grafičkih tehnologija napreduje velikom brzinom. Vidimo nove i inovativne pristupe koji mijenjaju lice grafike i tiska. Novo digitalno doba je okarakterizirano zamjenom klasične metode pristupa industrijske proizvodnje. Fenomen razdoblja digitalnog doba je da kreira društvo koje se temelji na znanju, informacijama i tehnološkom napretku. Posljedično, novo nastala globalna ekonomija, kojom se širi utjecaj nove metode proizvodnog procesa i usluge, omogućava učinkovitu i povoljnu proizvodnju. Unutar komercijaliziranog društva digitalna industrija pruža mogućnost personalizacije proizvoda i usluga. Time se osigurava odluka za transakciju proizvoda i znatno smanjuju troškovi ujedno proizvođača i kupca.

Sukladno fenomenu, na tržištu tiska dolaze do izražaja nove, moderne, *“user friendly”*, digitalne tehnike tiska koje vrše pritisak na, iako možda kvalitetnije, sve manje isplative, tradicionalne tehnike tiska. Digitalne tehnike kod niza proizvoda zamjenjuju tradicionalne, a kod preostalih digitalna tehnologija mijenja i optimizira pojedine faze proizvodnog procesa tiska. Tehnika koja se u najvećoj mjeri odupire digitalizaciji i koja je do sada najmanje promijenjena od svog nastanka je sitotisk.

Tok tiska u tehnici sitotiska je dugačak i zahtjeva veliku pažnju stručnih ljudi na svakoj etapi tiskovnog procesa, čime se i posljedično povećava mogućnost greške kod konačnog proizvoda. Osim toga postoji širok niz problema koji prisiljavaju kupce da se priklone suvremenoj digitalnoj tehnologiji. Iako s znatno većim troškovima u odnosu na digitalnu tehnologiju, sitotisk se i dalje primjenjuje, što govori o svestranosti, kvaliteti te posljedično i potrebi za sitotiskom na tržištu.

U teoretskom dijelu rada obrazložiti će postepeni razvoj sitotiska, sukladno sa inovacijama tog razdoblja koje su imale značajan utjecaj na cjelokupnu sliku sitotiskarske industrije. Opisat će se povijesni i kulturološki utjecaj, primjena i tok tiska unutar tehnike sitotiska. U eksperimentalnom dijelu rada se opravdavaju pretpostavke vezane za smjer kojim se kreće sitotiskarska industrija. Prikazuje se konceptualna inovacija koja se može implementirati tiskarske tehnike sitotiska.

KLJUČNE RIJEČI

- sitotisak
- inovacije
- digitalno doba
- digitalna tehnologija
- digitalni tisak

ABSTRACT

While entering the 21st century we could see an abrupt development in the field of technological advancement. Revolutionary findings and leaps in science and technology present new standards in the economy of modern capitalism and the needs of its society. The aftermath of those leaps can also be felt in the graphics industry.

The development of graphics technology is advancing in a quickened pace. Each day we see new and innovative approaches that change the face of graphics and printing technology. New digital age is characterized by shifting away from the classic method of industrial production. The occurring phenomenon in the digital age is a knowledge based society that benefits on information and technological advancement. Consequently, the newly formed global economy, that uses new methods of the development process and service, enables an effective and convenient end production. In a commercialized society, the information industry is able to allow individuals to explore their personalized needs, therefore simplifying the procedure of making decisions for transactions and significantly lowering costs for both the producers and buyers.

Following the phenomenon, there is a higher demand on the printing market for new, modern, user friendly, digital techniques of printing that slowly smother older, traditional printing techniques. Even though they might be of higher quality, the old ways are simply cost expensive in comparison. In certain products the digital techniques completely replace the traditional ways, and in others they replace and optimize individual segments of the production process of printing. The screen printing technique has changed the least and resisted the process of digitization.

The production line in the screen printing process is a long one and demands a great deal of attention of professional and experienced individuals in every step of the production process. Consequently there is an increased probability of an error in the end product. A nuance of reasons forces the customer towards the usage of more modern digital technology. Even considering the expense in screen printing, it is still widely used, which indicates versatility, quality and the need for screen printing.

Theoretical part of the thesis consists of elaborating the developmental process of screen printing. The emphasis is on the innovations that took place within the screen printing technology during certain stages of its historical development. There will be a description of the historical and cultural impact, usage and the printing process of screen printing. The experimental part describes the predictions screen printing industry is heading. The summary of the thesis is to propose a theoretical innovation in that favors the screen printing technology.

KEY WORDS

- screen-printing
- screen printing
- innovation
- digital age
- digital technology
- digital printing
- shutter

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
2.1. Povjesni razvoj sitotiska.....	3
2.1.1. Tisak šablonama.....	4
2.1.2. Razvoj moderne upotrebe sita	4
2.1.3. Umjetnički sitotisak	7
2.2. Suvremena tehnika sitotiska.....	9
2.2.2. Karakteristike sita.....	11
2.2.3. Tkanje sita	16
2.2.4. Prešane sitotiskarske mrežice.....	17
2.2.5. Okviri za sitotisak	18
2.2.6. Rakel	25
2.2.7. Ljepila	28
2.2.8. Sitotiskarski filmovi	29
2.2.9. Emulzije	31
2.2.10. Boje za sitotisak	33
3. EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE	35
3.1. Potreba za inovacijom u sitotisku	36
3.1.1. Istraživanje tržišta tiska.....	36
3.1.2. Istraživanje tržišta sitotiska	45
3.2. Rasprava ankete	49
3.3. Prijedlog implementacije digitalne tehnologije u tehniku sitotiska	51
5. ZAKLJUČAK	56
6. LITERATURA.....	57

1.UVOD

Krajem 20. stoljeća vidimo niz promjena u tiskarskoj industriji uzrokovane brojnim inovacijama digitalnog doba. U proteklih nekoliko godina vidimo posljedice tih promjena gdje broj tiskarskih postrojenja u svijetu opada te broj zaposlenih u pogonima se jednako smanjuje. Dok su se neka postrojenja zatvorila, druga su prilagodila svoju ponudu kako bi udovoljili sve većem broju zahtjeva svoje baze klijenata. Sve više klijenti traže promjene u zadnji tren, kraće tokove tiska sa ciljanim zahtjevima i što varijabilnijim sadržajima.

Kao tehnika tiska, sitotisak ima prednost otiskivanja gustih, viskoznih boja debelih nanosa na željenu tiskovnu površinu. Osim klasičnih postojanih boja koje se upotrebljavaju u sitotisku, ističe se uporabom specijalnih boja i smjesa uglavnom zlatne, srebrne, ispupčene boje, flock, fluorescentne, transparentne, i sl.. U odnosu na ostale tehnike tiska, ističe se svojom svestranošću i otiskivanjem različitih proizvoda, pa tako i različitih materijala.

Usprkos svojim mogućnostima, klasični sitotisak ne pronalazi svoje mjesto u modernom svijetu tiska gdje se sve više primjenjuju tiskarska postrojenja sa kraćim tiskovnim tokovima i JIT („*just in time*“) tiskanje, što znači da naklada koja je otisnuta je sve bliža točnom broju traženog gotovog proizvoda. Time se dobiva manje otpadnog materijala i probnih otisaka. Implementacijom takvog sustava logistike i tehnologije produktivnost jednog tiskarskog pogona raste. To znači da pogoni obave više tiska za istu ili manju cijenu.

Cilj rada je opisati i obrazložiti razvojne etape u tiskarskoj tehnici sitotiska. Naglasak je na kronološki razvoj i inovacije materijala, tehnika i tehnologije sitotiska. Ističu se nedostaci i prednosti tehnologije te logistika tiskovnog procesa u usporedbi sa drugim tehnikama tiska. Nadalje istražuje se u kolikoj mjeri su različite inovacije utjecale na sitotisak i njegov status od njegovog nastanka do današnjih dana te istražiti mogućnosti daljnjih inovacija.

Kod početnih faza eksperimentalnog djela rada istražuje se zastupljenost, te relevantnost sitotiska u odnosu na druge tehnike tiska s obzirom na različite vrste grafičkog proizvoda. Istraženi su te statistički obrađeni podaci u obliku elektronskih anketa sa strane „FESPA“ i „InfoTrends“ pod nazivnom „*World Wide Survey Four*“, o cjelokupnoj tiskarskoj industriji pretežito na području zapadne Europe, te predviđanja za budućnost. Podaci su dostupni na:

<http://www.fespa.com/news/features/world-wide-survey-four-executive-summary.html>

Dodatno autorsko istraživanje prikazuje sliku sitotiska pretežito na području Hrvatske kojoj je cilj utvrditi utjecaj digitalnog tiska na industriju sitotiska. Istraživanje se također bazira na elektronskim anketama. Pretpostavka je da će rezultati dati bolji uvid u potrebu za unaprijeđenjem tehnike i tehnologije sitotiska.

U skladu s navedenim, težište sadržaja ovog diplomskog rada usmjereno je kako bi se istražio stupanj primjene digitalnih tehnologija kod sitotiska te istražile mogućnosti inovacija. Prikazat će se konceptualno rješenje implementacije „*shutter*“ tehnologije unutar postojeće tehnologije sitotiska. Primjenom „*shutter*“ tehnologije moguće je značajno unaprijediti tehniku sitotiska. Adaptacijom, te implementacijom ove tehnologije se u potpunosti uklanja potreba za izradu novih sita. Primjenom iste tehnologije omogućilo bi se nestajanje međuprocasa, odnosno primjena univerzalnog sita koje bi za svaki idući nanos bojila mijenjao raspored otvora simulirane tiskovne forme „klikom“ miša. Primjena ove tehnologije, osim što će omogućiti uklanjanje međuprocasa, značajno će i povećati konkurentnost i primjenu sitotiska kod niza različitih vrsta grafičkih proizvoda.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Povijesni razvoj sitotiska

Sitotisak kao jedna od četiri glavne tehnike tiska ima dugu povijest razvojnih koraka iza kojih stoji veliki broj pojedinaca koji su postepeno doprinosili njezinom razvoju. Sitotisak je izvorno bio proces otiskivanja kroz šablone. Kao takav ima dvije bitne povijesne faze: tisak šablonama (*slika 1*) i tisak sitom. U nekim kulturama uporaba šablona seže preko tisuću godina u prošlost. Primjenjivalo se u antičkom Egiptu, Rimu, Kini i Japanu za ukrašavanje zidova, podova, stropova, posuda, umjetnina i tkanina. Kao tehnika tiska stara gotovo tisuću godina, još od Song dinastije (960. – 1279. g.), sitotisak je doživio izuzetno malo promjena i inovacija što se tiče samog postupka tiska. Razvoj sirovina, materijala i dodatne opreme poput strojeva je uvelike pomoglo razvojem suvremenog sitotiska. Prva pojava današnje metode sitotiska, gdje se šablona nanosi preko nategnute tkanine se pojavljuje sredinom 19. st. [1, 2, 3, 4].



Slika 1. Moderan primjer tiska šablonama.

(<http://www.designformankind.com/2012/06/makekind-12/>)

2.1.1. Tisak šablonama

Najveći nedostatak uporabe šablona su bili izolirani elementi dizajna koji nisu imali kontakt sa vanjskim okvirom šablone. Kako bi riješili problem neželjene kretnje izoliranih elemenata dizajna, posebno su se izrađivale sekcije mostova kako bi se elementi vezali međusobno te sa vanjskim okvirom šablone. Daljnji problem nastaje potrebom za kompleksnijim otiskom. Što je dizajn bio kompleksniji time se i povećavao broj sekcija mostova te posljedično je sam dizajn izgubio svoju prvotnu funkciju. Rezultat je apstraktna forma originala dizajna. Bila je potrebna metoda kojom bi izolirani elementi ostali na svojim pozicijama bez da se sam dizajn dovede u kompromis. Povijesno se ne mogu pripisati zasluge jednoj osobi za pojavu moderne metode sitotiska, budući da su svojevrsni doprinosi metodi imale istovremeno više osoba. Japan je prvi usavršio uporabu zanemarivo tankih sekcija mostova uporabom niti kose u svrhu tiska šablonama. Za to vrijeme Sjedinjene Američke Države su dobivali slične rezultate uporabom tankih svilenih niti čime se povećavala gustoća tkanja same sitotiskarske mrežice [1, 2, 3, 4].

2.1.2. Razvoj moderne upotrebe sita

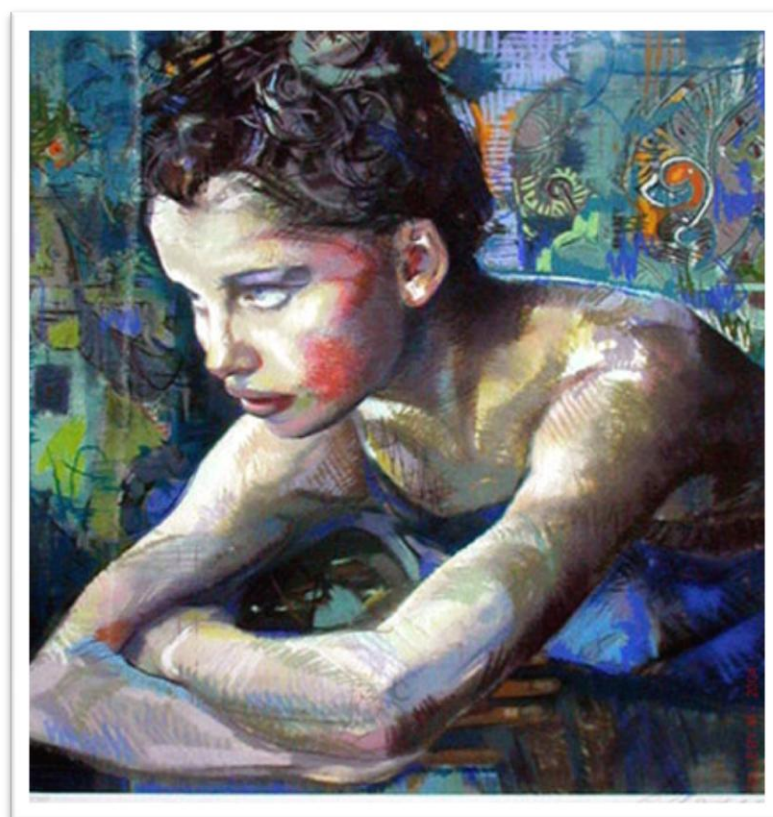
U Manchesteru, 1907. godine Englez, Samuel Simon je razvio i patentirao metodu u kojoj se šablona željenog dizajna priliježe na svilenu gazu, nakon čega se nanosi boja sa gumenim nožem, spužvom ili kistom preko cijele površine šablone. Izum dobiva naziv „*Silk screen printing*“. Gaza koju je koristio je bila jednostrukog keper tkanja. Prve svile koje su posebno razvijene za sitotisak su bile izrađene od svilenog prediva s više niti, ali obično tkane. Zbog toga se broj niti povećavao na 90 niti/cm.

Gotov proizvod je bila fino tkano, svileno sito, kasnije zamijenjeno sintetičkim materijalima. Tek dolaskom prvog svjetskog rata sitotisak dobiva pravu uporabnu vrijednost na tržištu. Veliku ulogu je imao u tisku plakata i zastava. Rane 1910. godine istražuje se područje foto reaktivnih materijala. Ubrzo pojavom fotografskih filmova sitotisak se širi u utemeljuje na tržištu Amerike. Uporaba sitotiska isključivo u komercijalne svrhe traje do 1930. godina, nakon čega dolazi do izražaja umjetnički sitotisak ili serigrafija (*slika 2*).

Sredinom 1940. godina tokom drugog svjetskog rata primjena svilenih prediva drastično opada zbog svoje uporabne vrijednosti u ratu. Kao zamjena svili, uporabu dobivaju prva sintetička prediva od poliestera. U isto vrijeme se brzim korakom razvija tehnologija fotografije, kemigrafije te napreduju karakteristike boja i kemikalija koje se koriste u tehnici sitotiska.

Prva sintetička prediva su bila tkana s više niti te obično tkana čime su bila i lakša za napinjanje. Osim toga su bile neosjetljive na vodu i otporne na djelovanje kemikalija čime su obilježile revoluciju u sitotisku. Time je omogućena nesmetana uporaba svih sustava boja i medijima na kojima se tiskalo. Daljnjim razvojem industrije prediva u proizvodnji sita s jednostrukom niti omogućilo je pomak u razvoju sitotiskarstva. Prediva sa jednostrukim tkanjem mogu se proizvesti sa znatno tanjim i konzistentnijim promjerom nego sa višestrukim tkanjem. To otvara vrata tržištu sitotiska, s primjenom u polju elektronike, otiskivanje na finim materijalima poput keramike, porculana, ambalaži, itd.

[1, 2, 3, 4, 5]



Slika 2. *Primjena serigrafije, Charles Dwyer, 1999., "The Affirmation".*

(http://styledesignlife.blogspot.com/2011_11_01_archive.html)

U SAD-u, 1960-tih, javljaju se niz društvenih reformi, među kojima su: pokret za građanska prava, prava žena i antiratne kampanje. Posljedično tome javlja se i potreba za medijem kojim bi se širile ideje i dalje poticali pokreti. Sitotisak opet postaje popularan. Motivirani pokretima, studenti i umjetnici se izučavaju brojnim tehnikama sitotiska. U to doba plakati i majice se pokazuju kao jak medij širenja poruka i informacija. Jedna od ikoničkih radova sitotiska je bila ona umjetnika pop arta Andy Warhol-a 1962. godine izradom „*Marilyn Dyptich*“ (slika 3), portreta poznate glumice Marilyn Monroe.



Slika 3. Kulturološki utjecaj sitotiska, Andy Warhol, 1962., "*Marilyn Dyptich*".

(<http://totallyhistory.com/marilyn-diptych/>)

2.1.3. Umjetnički sitotisak

Usprkos tehnološkom napretku i preciznog pristupa komercijalnom tisku, fino tkanih sita i uporabom novih, fotoosjetljivih filmova kao zamjena stare tradicije sitotiska, sitotiskari i dizajneri su i dalje vidjeli veliku korist od uporabe ručno izrezanih šablona.

Paul Wyber je jedan od takvih sitotiskara koji vjeruje u individualnost i osobnost tiska – riječima Willema Sandeberga – „*believes in warm printing*“. Surađivao je sa dizajnerima poput Jan Bons i Gielijin Escher koji su upotrebljavali njegovu upitnu metodu otiskivanja koja nije više danas u komercijalnoj uporabi. Utjecaj na njega i samu struku je imao škotski arhitekt Charles Rennie Mackintosh koji poznat po izradi nacrtu za izgradnju „Glasgow School of Arts“ završene 1909. godine. Mackintosh je bio jedan od predvodnika Arts and Crafts pokreta koji je oko 1900. imao veliki utjecaj na Englesku. Iako se nikada nije školovao Paul Wyber je upotrijebio principe i nauku te iste škole koja je cijenila praktično znanje i individualnost.

Sa 25 godina se Wyber seli u Nizozemsku i otvara sitotiskarsku radionicu u Amsterdamu, eksperimentirajući sa pod i preekspozicijama filmova te primjenu raznih filtera za boje. Tako su i nastali plakati Jan Bonsa (*slika 4.*),

no kasnije nitko više nije vidio korist takvih metoda tiskanja i dizajna. Ubrzo se radionica rješava viška strojeva te podliježe bitnom restrukturiranju kako bih opstala. Specijalizira se za umjetnički tisak i tisak za kulturalne manifestacije. Radionica se zatvara 1995. godine zbog pritiska modernog tržišta.



Slika 4. Izrada plakata Jan Bonsa

(<http://abystudio.com/blog/?p=255>)

Za vrijeme digitalizacije sitotiskari poput Wybera surađuju sa dizajnerima koji se sve više koriste računalima i programima rezultiraju tiskom jeftine masovne proizvodnje, predvidljivog rezultata.

Varijacije ručnog tiska su blage i suptilne. Moguće da svaki individualni otisak varira u opacitetu, boji, položaju i generalnom izgledu dizajna usprkos vještinama, znanju i iskustvu sitotiskara. To je dio neizbježnog kontrasta između regulacije i slobode, cjeline i raznolikosti u sitotiskarskoj tehnologiji.

Nadalje kod tiska u offsetu, radi što veće uštede vremena i novca, javlja se potreba uvođenja standardizacija u tisku kao npr. formata. Time se uklanja potreba za ljudskom intervencijom izbjegavajući neočekivane promjene tokom tiska. U tom području sitotisak dolazi do izražaja, naročito kada je riječ o uporabi ručno izrezanih šablona. Na žalost malih sitotiskarskih pogona poput „Wyber Zeefdruk“ danas nema, jer većina tiskovina koje su u upotrebi danas nemaju potrebu za varijacije i mogućnosti koje pruža umjetnički sitotisak.

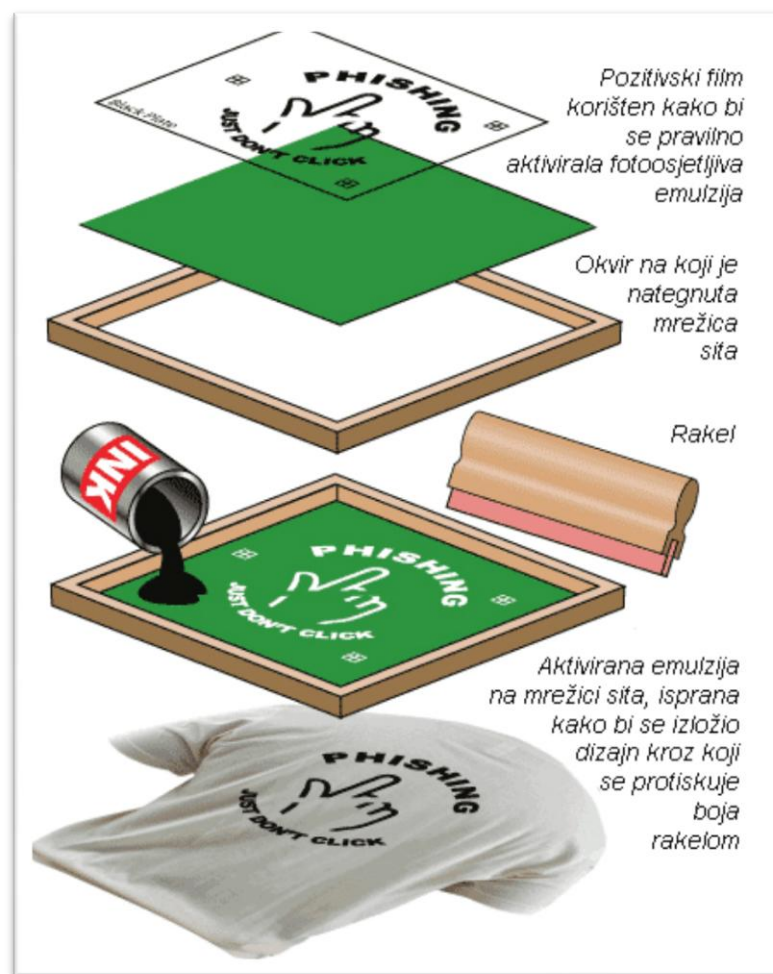
[6]

2.2. Suvremena tehnika sitotiska

2.2.1. Tehnika sitotiska

Sitotisak, kao što sama riječ govori, se vrši propuštanjem boje u obliku paste kroz fino tkanu poroznu mrežicu ili sito (*slika 5*). Sito se u počecima izrađivalo od prirodnih vlakana kao što je svila ili ljudska kosa, kasnije su se primjenjivale metalne (fosforna bronca, antikorozivni čelik) niti koje su bile dimenzionalno stabilne na sobnoj temperaturi, dok se danas najčešće koriste sintetička vlakna kao poliester ili najlon. Sintetička vlakna imaju poboljšane kemijske i fizikalne karakteristike po kojima dobivaju prednost pred prirodnim vlaknima. Finoća mrežice seže od 10 do 200 niti po centimetru, a najčešću primjenu imaju one u okviru od 90 do 120 niti po centimetru. Boja prolazi unutar okvira matrice koja se nalazi na samom situ. Matrica određuje tiskovne elemente, a izrađuje se manualno ili fotomehaničkim postupcima. Manualnom tehnikom se kistom boja nanosi na sito ili se ručno izrezuju matrice koje prekrivaju porozno sito kako bi spriječile prodiranje boje na tiskovnu podlogu. Fotomehanički postupak koristi fotoosjetljivu emulziju koja se nanosi na cijelu površinu sita. Emulzija se prekriva sa polutonskim najčešće pozitivskim filmom na kojemu je željeni dizajn. Područja izložena svjetlu čine stvrdnutu šablonu na situ preko koje se vrši otiskivanje. Sama metoda otiskivanja se vrši provlačenjem gumenog ili metalnog noža rakela preko boje čime se i protiskuje kroz mrežicu sita na tiskovni medij.

[2, 12, 13, 15]



Slika 5. Standardna shema sitotiska.

(http://www.photoshop911.com/tutorials/screen_print_seps/index.html)

Svestranost je glavno obilježje i prednost sitotiska. Za razliku od ostalih tehnika tiska, sitotisak se razlikuje u samom postupku otiskivanja, gdje ne dolazi do otiskivanja boje u konvencionalnom kontekstu riječi. Boja je protisnuta kroz poroznu mrežu ili sito. Kao svestrana tehnika tiska ima mogućnost otiskivanja na gotovo svim površinama. Osim na tekstilu gdje se najviše ističe, sitotisak se koristi za tisak malih naklada na papiru, kartonu, folijama, koži, drvetu, staklu metalu, plutu, itd. Rasterske točkice i rubovi slova mogu biti grubi i neoštri ovisno o karakteristikama i obradi sita.

[2, 12, 13, 15]

2.2.2. Karakteristike sita

Kemijske niti od kojih se izrađuju suvremena sitotiskarska sita su najčešće sintetički polimeri. Sintetički polimeri imaju bitnu ulogu u kvaliteti tiska u odnosu na prije korištena prirodna vlakna.

Sitotiskarska sita izrađena vrhunskom opremom za precizno tkanje najčešće su izrađene od poliestera koji se do sada dokazao kao idealan materijal za izradu sita. Suvremeni poliester visoke viskoznosti i smanjene elastičnosti pojačava već dobre karakteristike standardnih sitotiskarskih sita. Time se povećava kvaliteta i broj otisaka u sitotisku. Za izum su zaslužna dva britanska znanstvenika Whinfield i Dickson. Patentiran je 1941. godine pod nazivom „PET“ ili „PETE“. Dobiva se miješanjem kemikalija etilen glikola i tereftalatnom kiselinom. Polietilen tereftalat je osnova gotovo svih sintetičkih vlakana među kojima je i najpoznatiji poliester.

[2, 3]

Karakteristike kojima se poliester ističe su:

- visoka otpornost na istezanje
- dobra mehanička postojanost
- dobra otpornost na abraziju
- visoka otpornost na svjetlost
- visoka otpornost na anorganske kiseline

[3]

Ovisno o koncentraciji, temperaturi i vremenu reakcije, niti poliestera mogu oslabiti do pucanja pod utjecajem lužine.

Osim poliestera često se koriste i poliamidna sita (najlon) koja imaju veliku mehaničku pouzdanost čime se koriste za tiskanje abrazivnih medija (keramičke boje, reflektirajuće boje). Zaslugu za otkrivanje poliamida dobiva Amerikanac dr. Wallace Hume Carothers čije se istraživanje fokusiralo na polimernim materijalima. 1930-tih godina dr. Wallace i njegovi kolege u DuPontu otkrivaju novi materijal miješanjem alkohola i karboksilnih kiselina. 1939. godine pokreće pogon za proizvodnju najlona u komercijalne svrhe.

Visoka elastičnost materijala otvara mogućnosti tiska na neravnim površinama (100% nakon izduženja do 2%). Naravno istezanje materijala je prividno budući da je jedan od glavnih faktora sam postupak i jačina napinjanja sita na okvir. Prosječna elastičnost poliestera iznosi 1-4%, najlona 4-7%, i svile 3-4%. [2, 3]

Osim elastičnosti karakteristike kojima se poliamid ističe su:

- dobra površinska napetost
- vrlo dobra mehanička postojanost
- visoku otpornost na abraziju
- dobra otpornost na lužine

Za razliku od poliestera, poliamid je osjetljiv na kiseline. Filmovi i emulzije koje se nanose na sito bolje se prijanjaju na poliamidna sita nego na klasična poliesterska sita.

[3]

Pri svakoj primjeni za sitotisak karakteristike rastezanja sitotiskarskih sita su od velike važnosti, a one su određene:

- postupkom napinjanja
- jačinom sita
- stabilnosti sita

[3]

Posljedice uvjetovane karakteristikom rastezanja su karakteristike korištenja. Pod karakteristikom korištenja podrazumijeva se:

- preciznost registra i dimenzija tiskane slike
- ponašanje pri odvajanju podloge
- prilagođavanje sita površinskoj dimenziji tiskovne podloge (nejednolika ili neravna površina)
- tip svile koji odgovara zahtjevima tiskanja

[3]

Korištenjem klasičnih poliesterskih i poliamidnih sita, iako dobrih karakteristika, određeni faktori tiskanja nisu upotpunjeni. Posljedično tomu se proizvode modifikacije (poliester PET 1000 i poliamidne PA 2000 sita), već postojećih sirovina (poliester i poliamidnih PA 1000 sita), čime su karakteristike sitotiskarskih niti daljnje poboljšane.

Modificirana poliesterska sita PET 1000 (sita visokog modula), su sita jednostruke niti sa smanjenim rastezanjem. U odnosu na standardna poliesterska sita, sita visokog modula imaju karakteristike vrlo malog istezanja i visoke mehaničke otpornosti. Isto tako poliamidna sita PA 2000 kombiniraju karakteristike poliamidnih sita PA 1000 sa prednosti pri odvajanju i oslobađanju boje, uz manju elastičnost ali dovoljnu za otiskivanje na neravnim i nepravilnim tiskovnim podlogama.

Geometrija svile određuje sve dvodimenzionalne i trodimenzionalne karakteristike strukture sita. Osnovni čimbenici su broj i promjer niti. Broj mrežice se određuje kao broj niti po centimetru. Promjer niti se odnosi isključivo na neistkanu nit (jedna nit). Osim karakteristika istezanja, geometrija niti je također veoma bitna jer direktno utječe na:

- mogućnost tiskanja finih linija i polutonskih slika
- definiciju ruba u otisku
- mogućnost propuštanja boje
- brzinu tiskanja
- potrošnju boje
- sušenje boje

[3]

Tehničke liste podataka prema SEFAR-u imaju definiranu vrijednost za sve specifikacije mrežice sita, a one su:

- broj mrežice - (Fn)
- promjer niti – (d)
- otvor mrežice u μm - (w)
- otvor mrežice u % - (ao)
- debljina niti u μm - (D)
- teoretski volumen boje u cm^3/m^2 - (Vth)
- korak mrežice - osnovna geometrijska jedinica - (t)

[3]

Tip mrežice je opisan određenom nomenklaturom tako da se jedna mrežica određuje šifrom kao:

PET 1000 140-34Y PW OSC

U ovom konkretnom slučaju *PET* je materijal kojim je sito izrađeno, *1000* je kakvoća materijala, *140* je broj mrežice, *34* je promjer niti, *Y* je žuta boja mrežice, *PW* određuje tip tkanja, a *OSC* znači da je sito sa jedne strane sprešano.

- W – bijela
- Y – žuta
- CY – obojano ispredeno, žuto
- PW – obično tkanje
- TW – keper tkanje
- OSC – jedna strana prešana

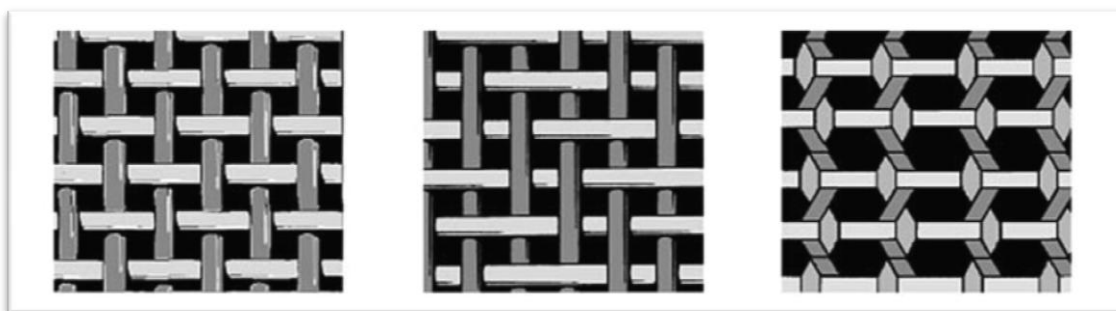
[3]

2.2.3. Tkanje sita

Ravna površina sita je rezultat tkanja okomitih niti osnove i potke. Visokokvalitetno sito ima strogo definirane parametre sa iznimno malim tolerancijama greške. Jedna od geometrijskih karakteristika je tip tkanja mrežice sita koja može biti obično ili keper tkanje (*slika 6*). Obično tkanje ima raspored provlačenja niti osnove u odnosu na niti potke 1:1 a obilježava se sa *PW*. Karakteristike ovog tipa tkanja zadovoljavaju većinu potreba tiska. Keper tkanje je određeno odnosom 2:1, 2:2 ili 3:3, a koristi se kako niti ne bi klizile i blokirale prolaz boje. Keper tkanje je kompromis kvalitete u odnosu na broj otisaka. Također je bitno spomenuti metodu gaznog tkanja gdje se dvije niti osnove isprepliću jedna preko druge te je njihova pozicija osigurana jednom niti potke. Idealno za velike naklade.

Rezolucija sita se odnosi po broju tiskanih detalja na određenoj površini i polutonskoj reprodukciji. Određena je prvenstveno prema broju niti, te odnosu promjera niti prema otvoru mrežice.

[3, 7]



Slika 6. Različite metode tkanja: a) Obično tkanje, b) Keper tkanje, c) Gazno tkanje
“Materials and technological development of screen printing in transportation” str. 135.

2.2.4. Prešane sitotiskarske mrežice

Boje koje se koriste u sitotisku sadrže otapala koja isparavaju tokom procesa sušenja čime se smanjuje debljina nanosa boje. To je bitan faktor uzevši u obzir da se na istu površinu može nanijeti do deset i više boja što bitno utječe na vrijeme sušenja i konzistenciju boje. Nakon prešanja sita strana koja je prešana je sjajna dok se druga kategorizira kao mat.

[3]

Boje koje se stvrdnjavaju pod utjecajem UV zraka sadrže vrlo malo ili nikakva otapala. To znači da sušenjem ne gubi na debljini volumena boje. Deblji sloj boje koja se stvrdnjava djelovanjem UV zraka često stvara probleme poput:

- UV svjetlost ne prodire adekvatno kroz debeli sloj boje, naročito onu sa puno pigmenta, zbog čega se boja nedovoljno stvrdnjava.
- prilikom višebojnog polutonskog otiskivanja dolazi do problema gdje nakon tiskanja prvih boja nema više mjesta za nanos treće ili četvrte boje. Naime tisak postaje neispravan čime se javljaju promjene u nijansi, nejasan otisak, te efekti u obliku interferirajućeg točkastog uzorka (moirè).

Posljednjih godina se javlja veliki napredak u tehnologiji tkanja čime se omogućava proizvodnja još finijih mrežica sa tkanjem 1:1. Posljedica razvoja je opća sklonost uporabe finijih neprešanih sita koje nude povećanu rezoluciju i bolje karakteristike kontrole boje, a time i kvalitetnijih grafičkih proizvoda. Iz tog razloga je smanjen raspon tipova prešanih sita.

Uzevši u obzir tip sitotiskarske mrežice, tehniku prešanja sita, i reološkim karakteristikama boje, prilikom korištenja prešane sitotiskarske mrežice u mogućnosti su dva tipa smanjivanja debljine nanosa boje:

- napinjanjem sita tako da je mat strana okrenuta prema tiskovnoj podlozi u prosjeku 10-15% smanjenja sloja boje u odnosu na neprešana sita.
- ako je sjajna strana sita okrenuta prema tiskovnoj podlozi prosječno 15-25% u odnosu na neprešana sita.

[3]

2.2.5. Okviri za sitotisak

Okvir za sitotisak je izrađen i dizajniran na način da drži čvrsto napeti komad svilenog, sintetičkog ili metalnog sita. Ideja je da budu što otporniji na mehaničku deformaciju prilikom izrade matrice i tokom otiskivanja. Površina okvira također mora biti otporna na supstance koje se koriste prilikom obrade matrice, boje za tisak, otapala, sredstva za čišćenje. Okviri moraju biti izrađeni točno prema specifikaciji, jer u slučaju nepravilnog oblika može doći do pogreške u registru. Materijali koji se koriste za izradu sitotiskarskih okvira su drvo (*slika 7*) ili metal (*slika 8*).

[3, 8]

Iako se njime lako manipulira, drvo ima tendenciju deformacije pri utjecaju vlage i razlike temperature. Također je problem što na sebe povlači vlagu te tokom vremena postaje teže. Kao zaštita drva od otapala i vode, lakiranje ima važnu ulogu u predtretiranju. Sito se mora iznova natezati nakon prosječno 20 otisnutih naklada. Većina sitotiskarskih postrojenja šalje svoje okvire tvrtkama koje su specijalizirane za distribuciju i prodaju sitotiskarskih materijala. Kada bi sami vršili zatezanje troškovi ulaganja u opremu bi bili u okviru 2000-3000\$. Drvo ima znatno kraći vijek trajanja od metala. Pažljivim izborom i obradom drveta danas relativno dobro možemo postići karakteristike samog okvira.

[3, 8]

Prednosti drvenih okvira su:

- jeftini



Slika 7. Drveni sitotiskarski okviri.

<http://www.silkscreeningsupplies.com/wood-screen-print-frames>

Metali koji se koriste u izradi cijevi za okvir su aluminij i čelik. Aluminij je 2,9 x slabiji od čelika sličnog presjeka. Kako bi se aluminij mogao nositi s podjednakim silama kao čelik, površina poprečnog presjeka se povećava ili se koristi alternativni dizajn presjeka. Aluminij ima specifičnu gustoću cca 2.7 , lagan je za rukovanje i ne hrđa, no manje je otporan na kiseline i lužine. Mana je što je sito fiksirano na okviru stoga se ne može naknadno napeti nakon tiskanja pojedine naklade nego se, kao i drveni okviri, iznova moraju napinjati na stroju za mehaničko napinjanje sita. Iako imaju nekolicinu nedostataka, metalna sita, naročito aluminijska, veoma dobro obavljaju ulogu za koju su namijenjeni. U odnosu na drvene okvire lakše se čiste i gotovo su trajni što se tiče broja otisaka.

[3, 8]

Prednosti aluminijskih okvira su:

- mogu se koristiti za napinjanje svih vrsta svila
- mala težina
- širok izbor poprečnih presjeka
- jeftini su
- dobra otpornost na koroziju
- lako se čiste



Slika 8. Aluminijski sitotiskarski okviri.

(<http://www.silkscreeningsupplies.com/aluminum-screen-printing-frames>)

Čelik je veoma krut materijal zbog čega se koriste cijevi manjeg poprečnog presjeka. Veći nedostatak je njegova specifična gustoća od cca 7.8 što ga čini veoma teškim materijalom. Okviri također imaju problem hrđanja koji se rješava odgovarajućom zaštitom (galvanizacija ili lakiranje).

[3, 8]

Jedina prednost čeličnih okvira je:

- jeftini su

Samozatezajući okviri se moraju posebno napomenuti zbog svoje uloge. Uz pravilno rukovanje i održavanje, Samozatezajući okviri su također veoma izdržljivi kao i standardni metalni okviri. Prednost je, kao što i sam naziv govori, da se postepeno može određivati napetost pojedinih sekcija sita. Time se uklanjaju troškovi ljepila i otapala potrebnim za čišćenje standardnih okvira. Kako bih se ispravno rukovalo i maksimalno iskoristile mogućnosti samozatezajućih okvira potrebno je iskustvo i dodatna edukacija.

[8]

Prednost samozatezajućih okvira je:

- mogućnost zatezanja sita
- relativno izdržljivi
- uklanja se trošak ljepila i otapala

Kao što je napomenuto postoje razni presjeci sitotiskarskih okvira. Materijal koji se koristi, tip presjeka i debljina stjenke imat će konačnu ulogu u zadržavanju dimenzijske stabilnosti okvira za sitotisak. Bez obzira na njihove karakteristike glavno je da svaki okvir mora podnijeti određenu količinu sile sa minimalnim odstupanjem deformacije. Generalno je pravilo da duljina i širina formata sita određuje sile koje je okvir u stanju podnijeti. Okvir od 30 x 30cm mora podnijeti minimalnu silu od 900N ($30 \times 30 = 900$). Povećavanjem formata naravno raste i sila opterećenja osnove i potke sitotiskarskog okvira.

[3, 7, 8]

Razlikujemo pravokutne i specijalne presjeke. Izbor okvira ovisi o željenoj površini na koju se želi tiskati i tipu tiska. Kod strojnog protiskivanja rakel se kreće u smjeru širine okvira, odnosno okomito u odnosu na ručno tiskanje. Za svaki stroj se mora vršiti proba kako bi se odredio idealan način tiskanja. Za razliku od drugih metoda grafičkog tiskanja, sitotisak se obavlja *u kontaktu*, na način da nema fizičkog odvajanja sita od tiskovne podloge.

Okviri ne bi smjeli imati oštre kutove i rubove kako ne bi oštetili sitotiskarsku mrežicu, također je preporučeno da se glatka površina sitotiskarskog okvira ogrubi kako bi se lijepilo boje prijanjalo. Prije lijepljenja se okviri moraju temeljito odmastiti acetonom.

[3, 8]

Napinjanje sita na okvir se vrši sa tri različite metode.

- ručno napinjanje
- mehaničko napinjanje
- pneumatsko napinjanje

Tradicionalna metoda napinjanja sitotiskarske svile rukom se još uvijek koristi. Ta tehnika ne daje jednoliku, jako napetu mrežicu na okviru.

Mehanički uređaji stvaraju silu napinjanja u smjeru osnove i potke niti mrežice. Ti uređaji mogu biti manualni (*slika 9*) ili poluautomatski. Manualni uređaji za mehaničko napinjanje mogu biti samonapinjući sitotiskarski okviri ili strojevi za napinjanje s osovinom. Samonapinjući sitotiskarski okviri napinju sito okretanjem cijevi sitotiskarskog okvira. Strojevi za napinjanje s osovinom rade tako da se sito držačima nanosi na veći sitotiskarski okvir. Držači se zatim pomiču pomoću osovine s navojem, moment ključem ili elektromotorom. Time se udaljavaju jedan od drugoga i vrši se napinjanje. Poluautomatski strojevi osiguravaju kontinuirano jednolično istezanje sita. Snaga za istezanje se primjenjuje elektromehaničkim pogonom koji istežu sito prema van jednom vodicom, obje istovremeno ili jednu za drugom. Strojevi za pneumatsko napinjanje se sastoje od brojnih stezača koji djeluju jednolično i usklađeno.

[3]



Slika 9. Stroj za ručno napinjanje sitotiskarske mreže preko okvira „Model 200“

(<http://www.rhinotechinc.com/screen%20stretcher%20200>)

Prilikom napinjanja sita na okvir sila napinjanja često uzrokuje pucanje sita, naročito na uglovima okvira. Također je od velikog utjecaja ako je sito gusto što znači da male niti imaju veću mogućnost pucanja. Radi skladištenja i organizacije veoma je bitno označavanje sita sa već prije nanesenom matricom. Slično kao sa sitom, gotovi okviri sa sitotiskarskom mrežicom se obilježavaju sa adekvatnim oznakama koje određuju informacije kao:

- materijal sita
- kakvoća materijala sita
- broj mrežice
- promjer niti
- tip tkanja
- broj role/pošiljke
- napetost u N/cm
- datum
- inicijali rukovatelja

[3]

Za buduće generacije sitotiskara predlaže se razvoj materijala i procesa obrade sita koje su koje čine samo sito isplativo za jednokratni tisak. Veliku prednost imaju sita malih formata npr. CD, DVD i Blu-ray. Nakon obavljenog tiska, sita se jednostavno odbace, budući da je ekonomski isplativije nego da se sito priprema za tisak iduće naklade. Osim ekonomske isplativosti, prednost je što uporaba takvog sita skraćuje tok za obradu sita za tisak iduće naklade.

[9]

2.2.6. Rakel

Sitotisk je jedina glavna tehnika tiska koja ne koristi sustav valjaka za transfer boje na tiskovnu površinu kako bih povećao brzinu otiskivanja i konzistentnost. Umjesto toga se koristi metalni ili gumeni nož - rakel (*slika 10*) za protiskivanje boje kroz porozno sito na tiskovnu površinu. Osim rakela, u umjetničkom tisku se dodatno koriste kistovi i spužve za transfer boje.

Rakel mora zadovoljiti niz standardiziranih uvjeta kako bi došlo do kvalitetnog otiskivanja. Najbitnije je da:

- pritiskom silom omogućiti kontakt sita i tiskovne površine kako bi došlo do adekvatnog transfera boje
- stvori dovoljan hidrodinamički pritisak koji protiskuje boju kroz sito



Slika 10. Gumeni rakel sa ravnom 90° oštricom i brušenom 30° oštricom

(<http://www.teaching.com.au/catalogue?catalogue=MTA&category=MTA-PAINT-SCREEN-PRINTING>)

Tokom procesa otiskivanja sile koje utječu na rakel su okomit pritisak koji dovodi sito i tiskovnu površinu u kontakt te otpor uzrokovan trenjem rakela i površine sita. Te sile utječu na deformaciju rakela čime se dobiva željeni kontaktni kut između rakela i površine sita. Veličina kontaktnog kuta je bitan faktor o kojem ovisi jednolik nanos boje i količina hidrodinamičkog pritiska na boju. Što je manji kontaktni kut, to je veći hidrodinamički pritisak na boju te nejednolik nanos boje. Kontaktni kut ovisi o brojnim faktorima među kojima su najbitniji:

- pritisna sila rakela
- sustav boja koji se koristi te kako on utječe na trenje
- brzina protiskivanja
- tip i materijal oštrice rakela
- visina i širina oštrice rakela

Sa tradicionalnim rakelom pritisni efekt koji stvara sito uzduž rakela predstavlja problem. Napeto sito stvara dodatni otpor rakelu prema krajevima oštrice što dodatno uzrokuje neravnomjeran nanos boje. Faktori koje predstavlja pritisak rakela, trenje između rakela i sita, te napetost sita stvaraju velike probleme kada je riječ o konzistentnosti sitotiska. Kako bi osigurali veću brzinu otiskivanja, efekt trenja i pritiska mora biti manje značajan u procesu protiskivanja.

Najbolje rješenje tradicionalne uporabe rakela su oni sa dodatnim potpornim slojevima oštrice. Ti slojevi smanjuju deformaciju oštrice rakela i sprječavaju preusmjeravanje boje uzrokovane dodatnim pritiskom sita na rubovima oštrice rakela. Implementacijom slojeva tisak postaje konzistentan no posljedično trenje uzrokovano pritiskom rakela i sita raste čime opada vijek trajanja rakela i/ili sita.

[10]

Kako bi se povećala produktivnost i konzistentnost protiskivanja boje u sitotisku dr. John Anderson je 2003. godine osmislio uporabu valjka kao zamjenu za rakel. Inovacija omogućava brže i jednolično otiskivanje bez trenja. Nanos boje je i do 50% deblji uspodno uporabom tradicionalnog rakel. Hidrodinamičke sile koje uzrokuju protiskivanje boje su duplo veće i bitno manje je opterećenje na krajevima valjka. Usmjeravanje rotacije u smjeru suprotnom od kretnje valjka se pokazalo najpodobnije za smanjenje trenja. Nedostatak je što je konstrukcija valjka povećana, naročito jer ima sustav za pogon rotacije valjka. Time se onemogućuje implementacija u određenim sitotiskarskim postrojenjima.

[9]

2.2.7. Ljepila

Nakon što se dobije određena napetost sita, okvir željenog formata se priliježe na mrežicu. Važno je osigurati potpuni kontakt između okvira i sitotiskarske mrežice za vrijeme lijepljenja. Radi boljeg kontakta se često koriste i utezi. Najčešće se koristi dvokomponentno ljepilo za učvršćivanje sitotiskarske mrežice. Druge mogućnosti su kontaktno ljepilo, UV ljepila ili rezervna sredstva za lijepljenje. Također se za drvene okvire sito može učvršćivati spajalicama koje povećavaju rizik pucanja sita.

Dvokomponentno ljepilo je katalitička smjesa ljepila i učvršćivača. Smjesa je izrađuje netom prije nanosa u određenim omjerima. Prvo ispari otapalo zatim započinje kemijski proces stvrdnjavanja. Vrijeme sušenja ovisi o brojnim faktorima od kojih su najbitniji broj niti i napetost sita. Što je broj niti veći, vrijeme sušenja je duže. Ako je napetost veća također je vrijeme sušenja produljeno. Ima dobru otpornost na otapala.

Kontaktna ljepila su jednostavna, čvrsta i brzo se suše (oko 30 sekundi). Jedinu je nedostatak što su osjetljiva na jaka otapala. Stoga se preko ljepila nanosi zaštitni lak.

UV ljepila su ljepila koja se suše pod utjecajem ultraljubičaste svjetlosti. Stvrdnjavanje je brže nego u dvokomponentnim ljepilima. Otporna su na otapala.

Rezervna ljepila se unaprijed nanose na okvir koji se zatim može pohraniti na neodređeno vrijeme. Ljepilo kao takvo ne obavlja svoju ulogu. Tek kada dođe u kontakt sa acetonom ljepilo počinje djelovati. Rezervna ljepila su osjetljiva na otapala na bazi alkohola.

[3]

2.2.8. Sitotiskarski filmovi

Za izradu šablone potrebno je koristiti pozitivski film za sliku koju želimo reproducirati. Film koji se nanosi je stranično ispravan, sa stranom na kojoj je sloj prema gore. Vakuum se koristi na cijelom sustavu šablone kako bi film u punom kontaktu sa fotoosjetljivom emulzijom. Filmovi se izrađuju na tri različite metode:

- filmovi ručne izrade
- fotografski izrađeni filmovi
- digitalno izrađeni filmovi

Filmovi ručne izrade su u suštini fine transparentne poliesterske folije ili paus papir na koje se ručno nanose boje. Materijali najbolji za nanošenje neprozirnih slika na folije su:

- rapidograf
- tuš
- voštane olovke
- litografske olovke
- crna akrilna boja
- tehničke olovke

Filmovi ručne izrade se koriste najčešće za umjetnički tisak ili korekcije prije otisnutih filmova. Nakon što se rukom iscrta željena slika potrebno je izvršiti još jedan nanos boje kako bi osigurali da je ilustracija u potpunosti neprozirna. U protivnom područje rukom nacrtane slike može biti izloženo UV svjetlu čime u konačnici dobivamo lošu reprodukciju sitotiskarske matrice. Uvijek je sigurniji teži i tamniji nanos nego što mislimo da je potrebno za svrhu osvjetljivanja emulzije.

Za višebojnu reprodukciju koriste se predlošci predodređenog formata na koje se za svaku boju posebno kopiraju, režu i nanose željene slike.

[3, 10, 11]

Fotografski izrađeni film je u pozitivu i najčešće stranično ispravan i tako se i nanosi na emulziju sita (*slika 11*). Filmovi se proizvode laserskim osvjetljivačima. Kompjutorski podaci se sa računala prenose putem PostScript RIP („*Raster Image Processor*“) kodiranja, te se prevode u strojni jezik osvjetljivača. Time dobivamo polutonsku reprodukciju osvjetljivanja filma.



Slika 11. *Fotografski film.*

(http://www.stainer.co.at/ski-snowboard-druck/cut_e.htm)

Digitalna metoda se još naziva CTS. Noviji proces izrade filma. Informacije sa RIP-a se prenose u ink-jet ploter koji nanosi UV neprozirnu boju ili vosak direktno na premazano sito. Vakuum je za vrijeme eksponiranja nepotreban jer je boja nanescena direktno na površinu emulzije. Ova tehnika je u prednosti jer ne upotrebljava filmove. Ink-jet tehnika je u prednosti nad laserskim tehnikama jer laserske tehnike su puno sporije i traže posebne emulzije i određene tipove sitotiskarske svile.

[3, 10, 11]

2.2.9. Emulzije

Osim ručno izrađenih šablona u serigrafiji se koriste i emulzije za izradu sitotiskarske matrice. Ovisno o situ i materijalu na kojem se tiska najčešće emulzije su:

- fotopolimeri
- diazo spojevi

Najčešći je pozitivski postupak reprodukcije gdje se na emulziju priliže pozitivski film, stranično ispravan nakon kojeg se vrši osvjetljavanje nepokrivenih površina. Postupkom osvjetljivanja emulzija prolazi kroz proces stvrdnjavanja polimerizacijom te prestaje biti topiva u vodi. Za svaku određenu emulziju se koristi posebni ručni navlakač emulzije ili automatski stroj za nanošenje emulzije.

Prilikom premazivanja emulzije na sito, šablona mora biti u vodoravnom položaju kako bi se jednolično nanijela na cijelu površinu. Strana za tiskanje se obično premazuje 1-2 puta, nakon čega se 1-4 puta premazuje strana za protiskivanje. Prije svakog sljedećeg nanosa se emulzija suši sa stranom za tiskanje okrenutom prema dolje. Nakon toga se osvjetljava sa adekvatnim svjetlom te se razvija hladnom vodom. Obično se koristi premaz od 10-18 μm za oštro definirane rubove na sitima od 90 niti/cm i finijim.

Fotopolimerne emulzije su osjetljive na svjetlost kraću od 365 nm no ima i onih koji su osjetljivi na 400 nm. Diazo senzibilizatori su jako kiseli, za to treba paziti da se emulzija nanosi sa navlakačem od nehrđajućeg čelika. Aluminij se veoma lako ošteti.

Mnogi izvori UV svjetla su pogodni za osvjetljavanje fotoosjetljivih emulzija. Spektar emisije bi trebao imati vrhunac u rasponu od 350-420 nm kako bi se podudaraao sa osjetljivošću emulzija.

Odgovarajući izvori UV svjetlosti su:

- metal-halogenidne lampe
- lampe sa živinim isparenjima
- lampe sa živom pod visokim pritiskom
- super-aktinijske fluorescentne lampe
- fluorescentne cijevi (manje kvalitetna reprodukcija)

Udaljenost sita od izvora svjetla bi trebala biti okvirno jednaka dijagonali sitotiskarske šablone. Ovisno o proizvođaču emulzije treba se izračunati nominalna vrijednost osvjetljenja.

[3, 10, 11]

2.2.10. Boje za sitotisak

Ovisno o podlozi na koju se tiska, boje za sitotisak su raznovrsne. Kao tehnika tiska, sitotisak ima najdeblji nanos boje, od 20 - 60 μm . Najčešće se koristi PANTONE reprodukcija no moguća je i rjeđa CMYK reprodukcija uz uvjet da boje budu do određene mjere prozirne te da svaku boju raster tj. mrežica sita bude pozicionirana pod drugim kutom. Za svaku podlogu se posebno spravlja boja. Tipovi boje koji se koriste u aplikaciji na tekstil mogu biti:

- na bazi vode
- na bazi otapala
- plastisolne boje
- specijalne boje
- aditivi

[2, 12, 16]

Boje na bazi vode, kontradiktorno nazivu su u stvari industrijske kemikalije koje sadrže vodu kao otapalo. Budući da su kemikalije štetne treba se držati protokola vezano za zbrinjavanje otpada i ventilaciji zraka u prostorima gdje se rukuje sa ovim tipom boja. Tanjeg su nanosa od onih na bazi otapala ili plastisolnih boja. Voda isparava prolaskom kroz zračne tunele ili zagrijavanjem čime se boja veže za vlakna. Nedostatak je što postoji mogućnost prijevremenog sušenja boje.

[16]

Boje na bazi otapala se najčešće primjenjuju na podlogama poput plastike, vinilu, najlonu, staklu, plastici ili drvetu. Na zraku se suši unutar par minuta što ubrzava proizvodnju. Kao i u korištenju boja na bazi vode, nakon otiskivanja sita se moraju ispirati razrjeđivačima i kemikalijama.

[16]

Plastisolne boje se često primjenjuju u tisku na tekstil, a sastoje se od PVC (*polivinil klorid*) čestica suspendiranih u plastisolnoj emulziji. Fiksira se na tiskovni medij termičkim procesom. Pri temperaturi od oko 177 °C PVC i emulzija se međusobno razgrađuju. Otisak se zatim hladi na temperaturi ispod 60 °C pri čemu se dobiva fleksibilan, izgledom plastičan, reljefni nanos boje. Plastisolne boje se ne upijaju u vlakno već obavijaju oko njega, iz tog razloga se određeni tipovi tekstila predtretiraju radi boljeg povezivanja. Postoje noviji tipovi plastisolnih boja koje u smjesi ne sadrže PVC i fatalate.

[17]

Specijalne boje uključuju one poput procesnih boja koje imaju određenu koncentraciju pigmenata. Procesne boje rjeđe koncentracije pigmenata dobro djeluju na svjetlijim podlogama, dok one velike koncentracije na tamnim podlogama. Pod specijalne boje također spadaju blistave „*glitter*“ boje, reflektivne srebrne boje, magnetske boje, mat boje, fluorescentne boje, te „*puff*“ boje koje daju reljefni izgled.

[16]

Aditivi se stavljaju u boje kako bi se dobio određeni željeni efekt. Retardanti su aditivi koji zgušnjavaju boju te joj daju određeno zasićenje. Postoji niz aditiva koji se stavljaju u plastisolne boje kako bi dobili efekt specijalnih boja poput efekt metala ili „*puff*“ efekt. Također postoje aditivi koji daju elastična svojstva (do 20%) bojama koje se tiskaju na rastezljivim materijalima.

3. EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE

Težište diplomskog rada usmjereno je kako bi utvrdili potrebu, stupanj i mogućnost implementacije suvremenih digitalnih tehnologija u tiskarskoj tehnici sitotiska. Tehnika tiska koja u najvećem omjeru konkurrira sitotisku je digitalni tisak. Prije pojave tehnologije digitalnog tiska, sitotisak je imao monopol na tržištu tiska na tekstil, a i veliki udio u izradi plakata, letaka, brošura itd.. Kao jedna od novijih inovacija u grafičkoj tehnologiji, digitalni tisak omogućuje tiskanje malih naklada relativno visoke kvalitete.

Pretpostavka je da od dolaska digitalnog tiska na tržište 1993. godine broj sitotiskarskih pogona na tržištu opada. Istovremeno, budući da se sitotisak primarno odlikuje tiskom na tekstil, digitalni tisak je preuzeo veliki dio poslovanja sitotiska. Kroz vrijeme sustavno pada interes za pokretanje sitotiskarskih postrojenja zbog velikog ekonomskog ulaganja, trenutnog stanja na tržištu te upitnu financijsku isplativost pružanja usluga tiska tehnikom sitotiska.

Postavljaju se hipoteze:

- pojava digitalnog tiska ima negativan utjecaj na sitotiskarsku industriju
- interes za pokretanje sitotiskarskih pogona opada
- tiskarska tehnika sitotiska je u tehnološkom zaostatku
- potrebna je inovacija tehnologije sitotiska

3.1. Potreba za inovacijom u sitotisku

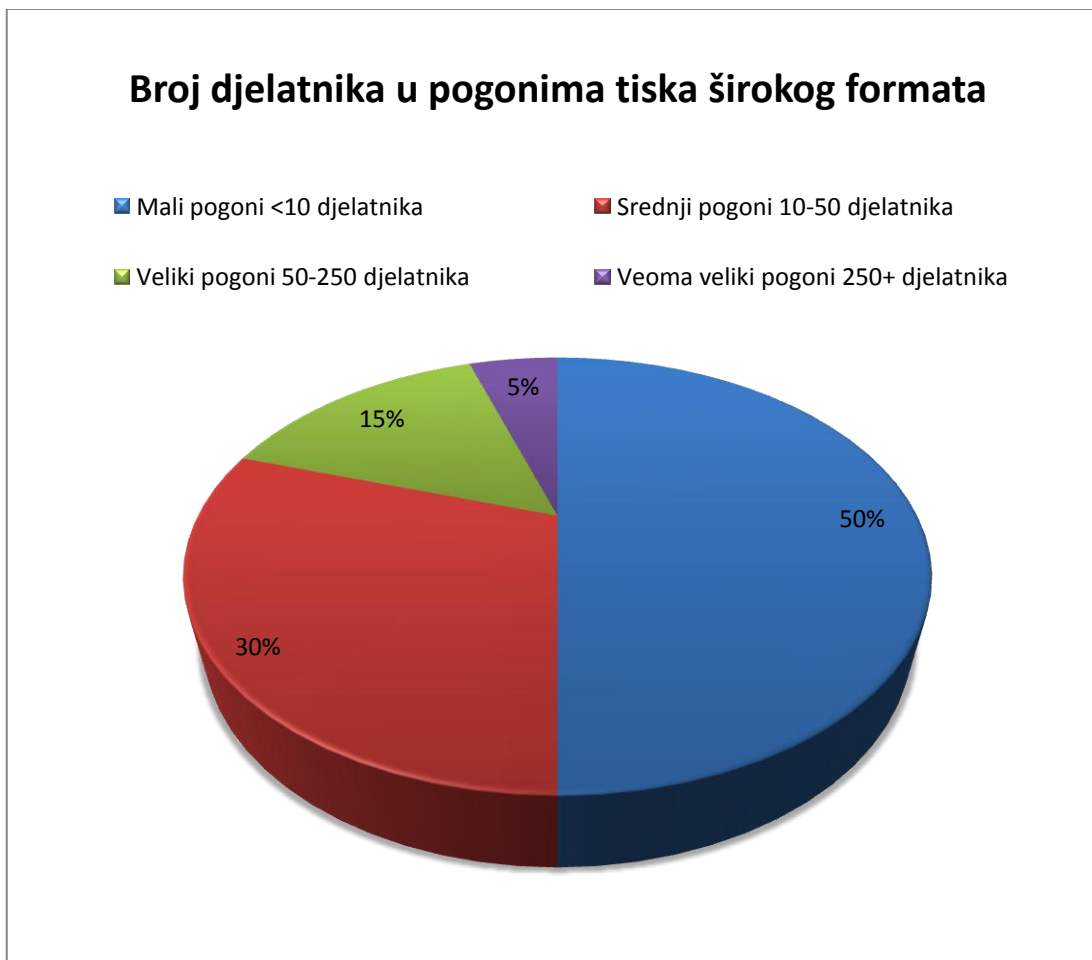
Kako bi opravdali niz hipoteza vrši se istraživanje tržišta putem anketa. Osim autorskog istraživanja veliku ulogu ima i „*World Wide Survey Four*“, koji nam daje uvid u cjelokupnu tiskarsku industriju.

3.1.1. Istraživanje tržišta tiska

„*World Wide Survey Four*“ je kolaborativni projekt između „*InfoTrends*“ i „*FESPA*“ osmišljen kako bi dobili što bolji uvid u tržište tiska širokog formata. Krajem 2012. i početkom 2013. godine „*The World Wide Survey*“ provodi svoje četvrto po redu istraživanje tržišta tiska. Sudionici posluju iz cijelog svijeta, no 75% sudionika se nalaze na području zapadne Europe. Time je dobivena informacija pretežito orijentirana prema europskom tržištu tiska. Preko 250 tiskarskih pogona sudjeluje u istraživanju putem online ankete. Procjenjuje se da je digitalni tisak širokog formata na svjetskom tržištu vrijedan preko 75.5 milijardi € te razvoj i implementacija iste tehnologije organski raste iz godine u godinu. Utjecaj na poslovanje grafičke industrije digitalnog doba ne utječu sama grafička postrojenja već i stotine tisuća pogona partnerskih industrija koja potiču njen daljnji razvoj i napredak.

Uvijek je potrebno uzeti u obzir karakteristike ispitanika i/ili objekta svake ankete. U slijedu navodimo ključne karakteristike istih:

- informacije dobivene putem ove ankete su od velike vrijednosti jer ukupan broj ispitanika koji prisustvuje anketi daje cjelokupan profil tiskarske industrije, sa velikim udjelom malih i dobrim udjelom srednjih, velikih i veoma velikih tiskarskih pogona (*Slika 12*).

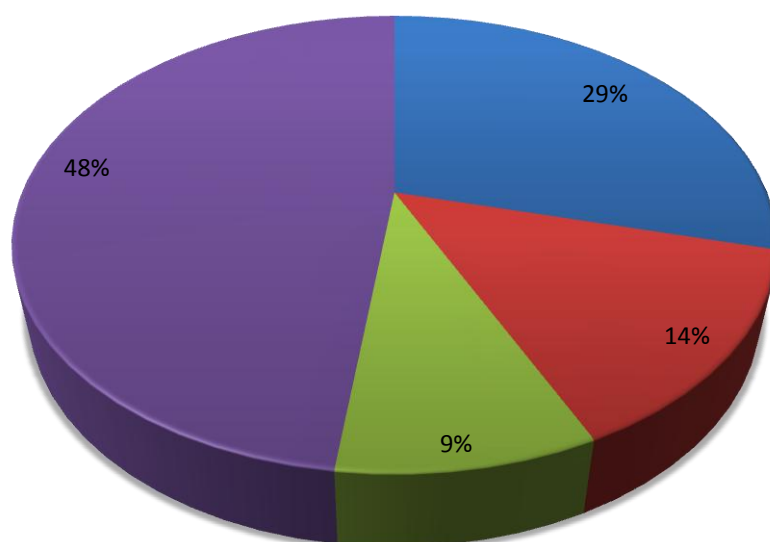
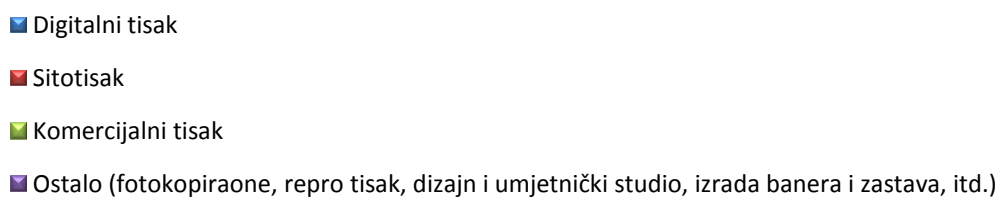


Slika 12. Grafički prikaz udjela djelatnika u pogonima tiska širokog formata; N=250

(<http://www.fespa.com/news/features/world-wide-survey-four-executive-summary.html>)

- prosječan broj djelatnika tiskara u odnosu na sudionike ankete je 40:1, a 46% pogona ima manje od 10 djelatnika
- budući da su temelj cjelokupne industrije tvrtke s malim pogonima daju brojne implikacije u smislu postupka nabave i vrijednosti opreme, nabave i vrijednosti sirovina te rukovođenje financija i inventure. Tvrtke različitih veličina postupaju sa navedenim sektorima djelatnosti bitno drugačije. Prepoznavanje i adaptacija prema istim znatno može pospješiti marketing i prodaju.
- sudionici prijavljuju ukupan prosječan godišnji obračun na 3.76 milijuna €.dok 58% od ukupnog broja ispitanika ima godišnji obračun manji od 740,000 €.
- raspored godišnjeg obračuna tvrtke paralelno raste i opada sa brojem djelatnika iste tvrtke

U kakvom tipu tiskarskog postrojenja radite?

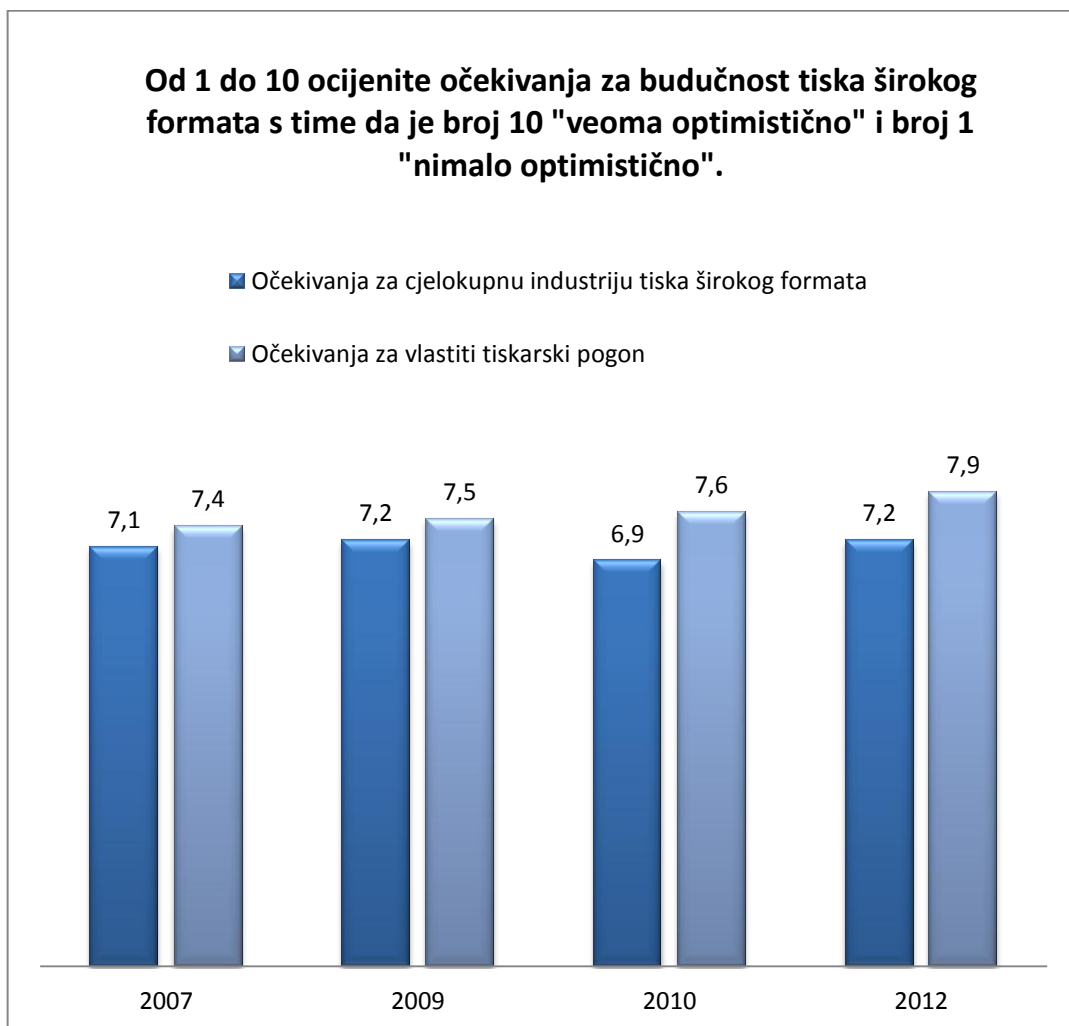


Slika 13. Grafički prikaz zastupljenosti tiskarskih pogona; N=250

(<http://www.fespa.com/news/features/world-wide-survey-four-executive-summary.html>)

- najveća razlika sudionika ankete je način na koji kategoriziraju svoje pogone. Grafikon (*Slika 13*) pokazuje način na koji ispitanici kategoriziraju svoja tiskarska postrojenja unutar cjelokupne industrije tiska širokog formata

Sudionici ankete su zabilježili pozitivna očekivanja za sebe i za cjelokupnu industriju tiska širokog formata (*slika 14*). Pretpostavka je kako je to posljedica strateških akcija prilagodbe na globalnu ekonomsku krizu koja je nastupila u 21. st.



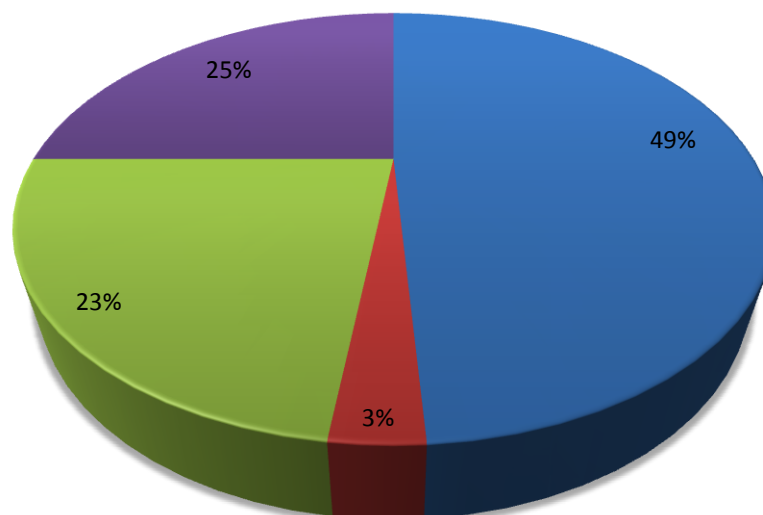
Slika 14. Grafički prikaz očekivanja za budućnost tiska širokog formata; $N=250$
(<http://www.fespa.com/news/features/world-wide-survey-four-executive-summary.html>)

75% sudionika ankete navodi kako su poduzeli strateške mjere prilagodbe kako bi se nosili sa negativnim posljedicama pada ekonomije u posljednjih nekoliko godina. Jedan od bitnijih zaključaka je da sudionici ankete prelaze na digitalna postrojenja te predviđaju da će digitalni tisak širokog formata biti dominantan u istom sektoru industrije tiska. „*Info trends*“ također smatra kako digitalni tisak polako preuzima veliki udio tiska sitotiskarskih postrojenja. Istovremeno ta informacija je ključan uvid u rast poslovanja mnogih poduzetnika koji prelaze na digitalni tisak (*slika 15*). Postoji niz međusobno ovisnih informacija ovog istraživanja koje podupiru tu pretpostavku.

- sudionici ankete očekuju rast poslovanja digitalnog tiska širokog formata na temelju porasta njihovih godišnjih prihoda koji je porastao do 2013. godine sa 42% na 54% u samo dvije godine
- gotovo 50% sudionika predviđaju digitalni tisak kao uspješnu budućnost tiska širokog formata
- sitotiskarska postrojenja daju izvještaj o podjednakom broju porasta kao i pada poslovanja (32%) dok ostalih 36% nalažu kako sitotisk stagnira
- manje od 3% predviđa sitotisk kao budućnost tiska širokog formata
- 23% sudionika ankete ukazuju na hibridne tiskarske usluge ili mogućnost ponude digitalnog tiska i sitotiska kao budućnost tiska širokog formata
- 25% sudionika ankete ukazuju na implementaciju digitalnih postrojenja zajedno sa uslugom obavljanja marketinga

Kako vidite uspješnu budućnost tiska širokog formata?

- Digitalni tisak
- Sitotisak
- Hibrid (kombinacija digitalnog tiska i sitotiska)



Slika 15. Grafički prikaz očekivanja za budućnost tiska širokog formata - N=246
(<http://www.fespa.com/news/features/world-wide-survey-four-executive-summary.html>)

„Info trends“ smatra kako „prijelaz na digitalno“ dobiva novo značenje. Dok je „prijelaz na digitalno“ nekada značilo korištenje digitalnog printera za proizvodnju grafike isplativije nego izradu iste tehnikom sitotiska, sada znači da tvrtke razvijaju logistiku svojih resursa kako bi omogućili svojim klijentima povećanje prihoda, eksperimentalni marketing i operativnu učinkovitost.

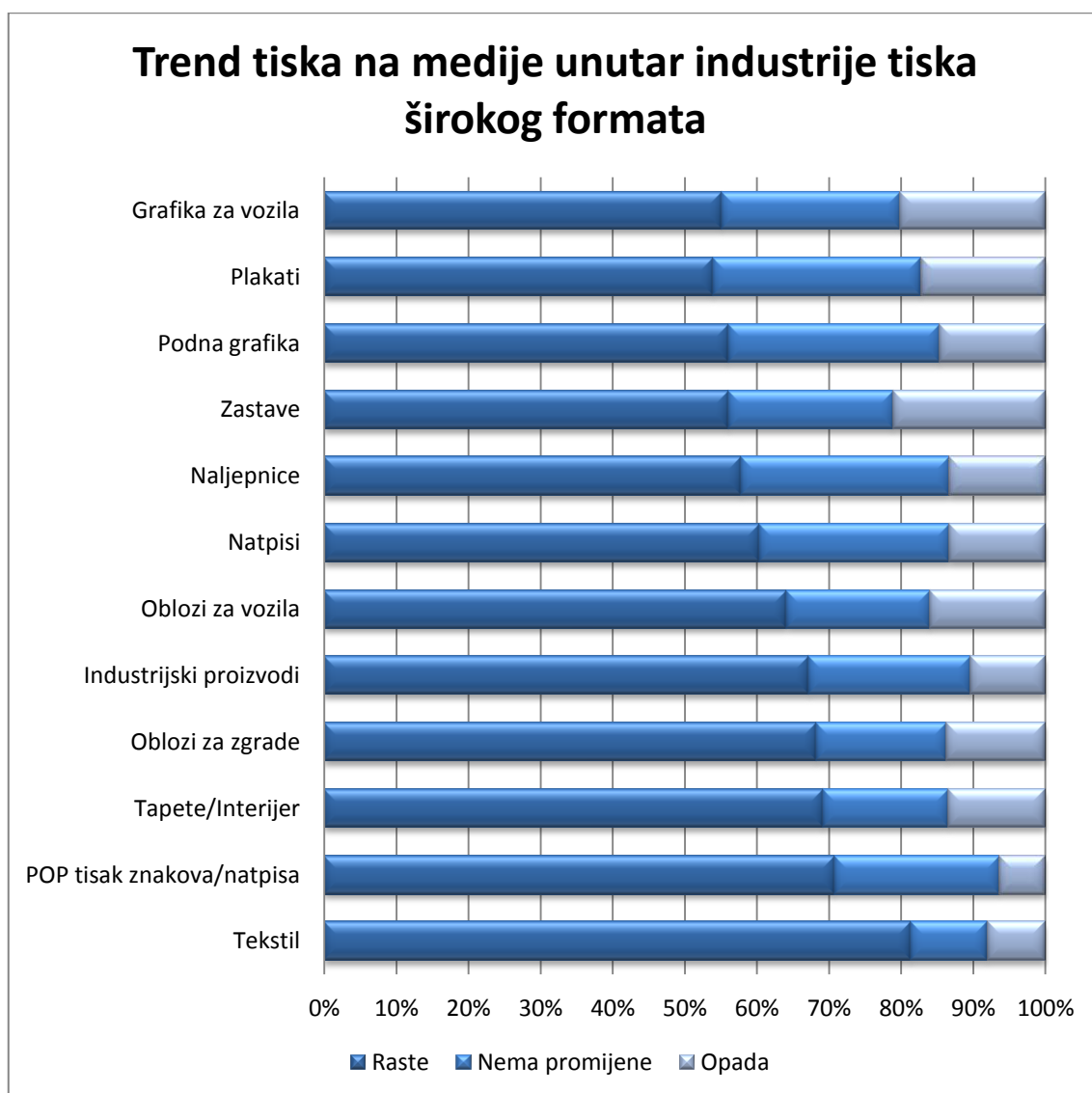
Iako je koncept prijelaza na digitalno više sveobuhvatan nego samo investicija u digitalni printer, sam hardware je ključna komponenta u pokretanje uspješnog tiskarskog pogona.



Slika 16. Investicija u postrojenje - N=250

<http://www.fespa.com/news/features/world-wide-survey-four-executive-summary.html>

Iz grafova (*slika 16*) jasno vidimo kako više od pola sudionika ankete nalažu investiciju u svoje tiskarsko postrojenje unutar samo 12 mjeseci, što može značiti da gledajući iz godine u godinu broj investicija eksponencijalno raste za cjelokupnu tiskarsku industriju.



Slika 17. Trend tiska na medije unutar industrije tiska širokog formata N=250

(<http://www.fespa.com/news/features/world-wide-survey-four-executive-summary.html>)

Bitno je naglasiti informaciju koja nalaže porast potrebe za tiskom širokog formata (*slika 17*), štoviše potreba za tiskom na tekstil raste gdje se sitotisak najviše ističe. DTG (direct to garment) tisak je jedan od smjera razvoja digitalnog tiska. Kao tehnologija tiska na tekstil, u direktnoj je konkurenciji sa tehnikom sitotiska. U slijedećem video zapisu vidimo usporedbu dviju tehnologija:

https://www.youtube.com/watch?v=uJr1k_JnOAU

3.1.2. Istraživanje tržišta sitotiska

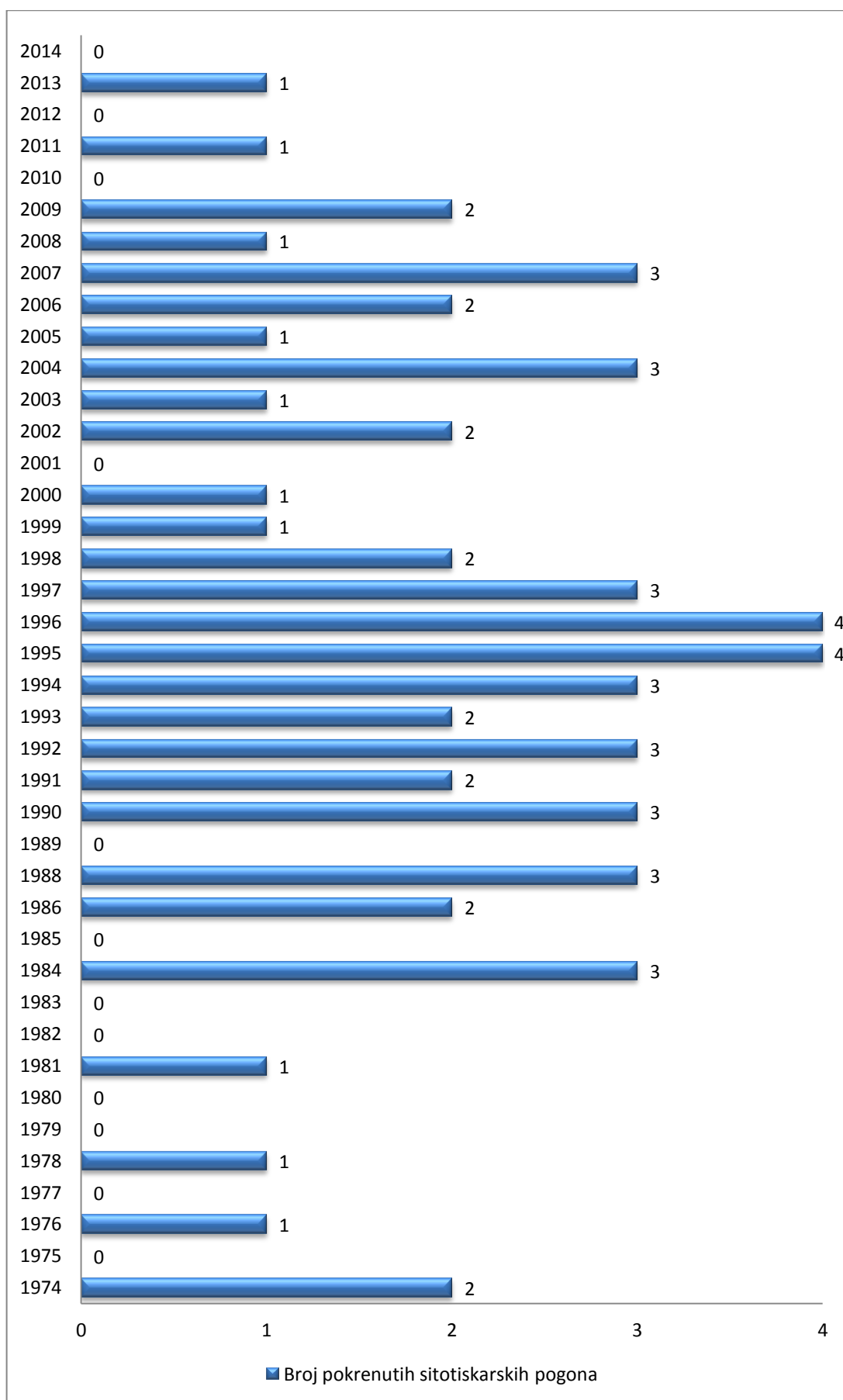
Istraživanje se radi u svrhu determiniranja trenda industrije sitotiska.

- preko 95% sudionika ankete sitotiskarske industrije rade na području Hrvatske
- više od 30 ispitanika sudjeluje u anketi
- ispitanici su vlasnici, direktori i voditelji sitotiskarskih pogona sa višegodišnjim iskustvom u grafičkoj struci
- manje od 10% sudionika ima pogone srednje veličine (*slika 18*)
- broj radnika po pogonu pokazuje da su pogoni veoma mali, najvjerojatnije osnovani u kućanstvima i služe kao dodatni prihod a ne kao primarni način zarade



Slika 18. Grafički prikaz broja djelatnika u sitotiskarskim postrojenjima; $N = 33$

Autorski rad



Slika 19. Grafički prikaz broja pokrenutih sitotiskarskih pogona unazad 40 godina $N = 66$

Autorsko istraživanje

Istraživanje (*slika 19*) ukazuje na pad broja osnovanih sitotiskarskih pogona tokom vremena. Faktori koji uzrokuju takav trend mogu biti brojni:

- ekonomska stabilnost
- tehnološki razvoj
- prijeratno ulaganje u industrijsku infrastrukturu
- poslijeratno ulaganje u industrijsku infrastrukturu
- ekonomska kriza
- pojava digitalnih medija
- upotreba alternativne metode tiska
- potražnja na tržištu
- isplativost

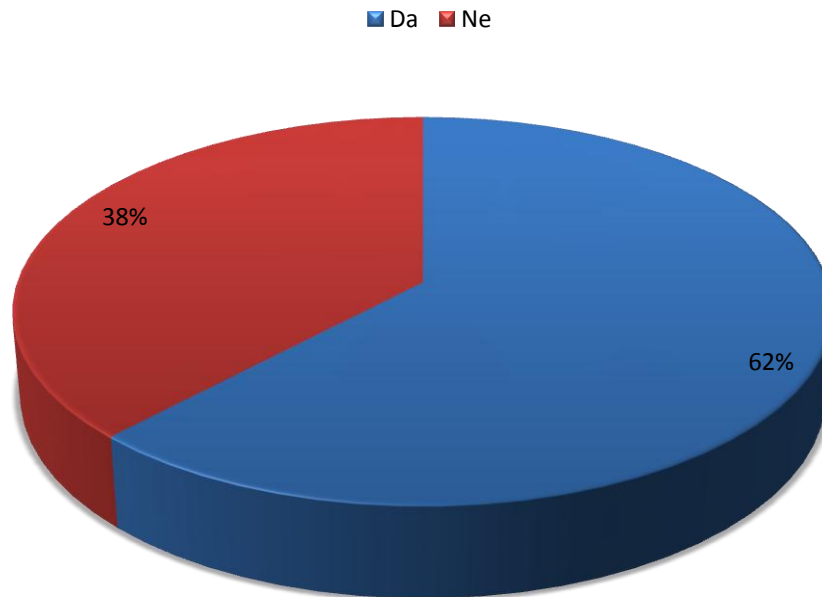


Slika 20. Grafički prikaz sitotiskarskih pogona i digitalnih pogona unutar pojedinih postrojenja; $N \sim 30$

Autorsko istraživanje

Kako bih pokrili što veći udio tržišta tiska, tiskari opremaju svoje tvrtke sa digitalnim pogonima (*slika 20*). “JIT” tisak, male naklade i personalizacija tiska stvaraju veliku potrebu na tržištu za digitalnim tiskom.

Da li smatrate da je potreban napredak u tehnologiji sitotiska kako bi konkurirao digitalnom tisku?



Slika 21. Grafički prikaz potrebe za inovacijom $N = 29$

Autorsko istraživanje

Grafikon (slika 21) jasno prikazuje potrebu za inovacijom u tehnici sitotiska kako bih konkurirala na cjelokupnom tržištu tiska.

3.2. Rasprava ankete

Iz analize statističkih podataka dobivenih putem anketa jasno vidimo trenutni položaj sitotiskarske industrije i smjer kojim se kreće. Sitotiskarska industrija je u velikoj uporabi sa ukupno 14% zastupljenosti unutar cjelokupne tiskarske industrije. Analiza podataka pokazuje kako taj postotak polako opada. Ukoliko se taj trend nastavi sitotisk će postati tehnologija prošlosti.

„Nema više nikakve prednosti, sitotisk je grana graf. proizvodnje koja izumire. Digitalija već može gotovo sve, i nanos boje se može digitalno dobiti gotovo kao kod sitotiska.“

RIP tisak, kolovoz, 2014.

Detaljnijom analizom podataka iz anketa utvrđeno je kako mišljenja sudionika ankete ne odstupaju od prije navedenih hipoteza. Vidimo da pojava tehnologije digitalnog tiska ima negativan utjecaj na sitotiskarsku industriju. Povodom ekonomske situacije u svijetu i trendovima digitalnog doba, sve više tiskara prihvaća „JIT“ tisak kao obaveznu promjenu kako bih njihova tvrtka opstala unutar tiskarske konkurencije. Uzrok propadanja sitotiskarske industrije nije samo propadanje postojećih pogona, već i pad interesa za pokretanje novih pogona. Veliko financijsko ulaganje u optimalno sitotiskarsko postrojenje pokazuje se kao rizik u odnosu na nabavu jednostavnog digitalnog printera.

Rezultat sadašnjeg trenda je da su postojeći sitotiskarski pogoni prisiljeni prilagodbi modernom tržištu pokretanjem dodatnih alternativnih pogona. Od 33 sudionika ankete, ukupno ih je 29 pokrenulo alternativne pogone nakon sitotiska kao: tampon tisak, offset, zlatotisk, digitalni tisak, flexo tisak itd.

Također sitotisk je u velikom tehnološkom zaostatku. Tok tiska neprilagođen je potrebama modernog doba:

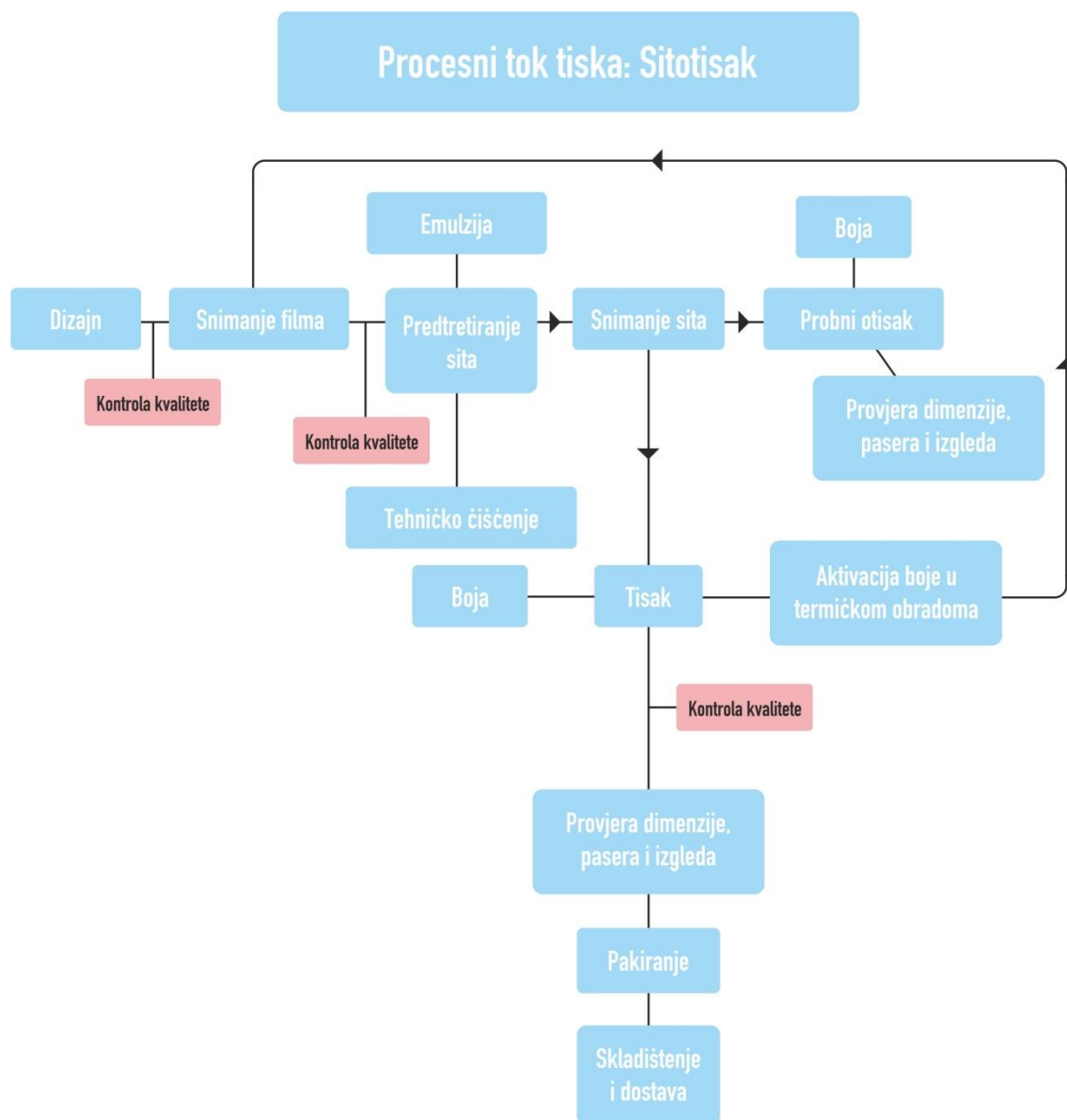
- izrada probnog otiska jednaka je cijeni samog tiska
- tisak malih naklada je neisplativ
- financijski trošak materijala za tisak
- vremenski utrošak
- nekonzistentnost tiska

Iako je anketa formirana kako bi dobili što kvalitetnije informacije, potrebno je uzeti u obzir mogućnosti statističkih anomalija i subjektivnost sudionika anketa. Kako bi u što većoj mjeri izbjegli dobivanje krivih zaključaka rade se brojna istraživanja sa velikim brojem sudionika anketa. Prijašnja istraživanja prikazuju kako pristranost sudionika uzrokuje odstupanje od konačnih rezultata ankete za 3-7%.

3.3. Prijedlog implementacije digitalne tehnologije u tehniku sitotiska

Rezultati istraživanja jasno prikazuju kako je tehnologija sitotiska u velikom zaostatku. Kako bi se nosila sa teretom modernog doba i zahtjevima tržišta tiska, potrebna je promjena. Standardni model tehnološkog procesa sitotiska nije u položaju da prihvati promjenu iz brojnih razloga, prvotno jer je tok tiska veoma dugačak i kompleksan. Promjena jednog segmenta tiskarskog toka utjecalo bi na ostale budući da su međusobno ovisni.

Istraživanje tehnologije pokazuje kako kroz generacije razvoja, inovacija za inovacijom nije bila dovoljna prilagodba da tehnika sitotiska udovolji uvjetima modernog konzumerizma. Standardni model tehnološkog toka (*slika 22*) sitotiska je namijenjen isključivo za potrebe industrijskog doba, bez mogućnosti isplative personalizirane proizvodnje.



Slika 22. Shematski prikaz standardnog tiskovnog toka sitotiska

Autorski rad

Prijedlog je da se izbjegava nadogradnja zasebnih segmenata tehnike sitotiska, kao što se do sada pokušavalo, već da se napravi izmjena tehnološkog toka sitotiska kao cjeline. Potrebno je zadržati prednosti koje ističu sitotisk u odnosu na konkurenciju te odbaciti nepotrebne segmente i zamijeniti ih u potpunosti suvremenim tehnologijama koje su na raspolaganju.

Prednosti kojima se sitotisk ističe je princip protiskivanja boje kroz sito na tiskovnu podlogu koji omogućava izradu kvalitetnih i dugotrajnih otisaka. Najveći nedostatak je tiskovni tok i materijali koji se koriste prilikom obrade tiskovne forme.

„Shutter“ tehnologija je namijenjena za propuštanje medija kroz otvor specifične funkcije. Do sada su se razvijali pretežito u smjeru optike. Prilagodbom „shutter“ tehnologije moguće je dobiti zamjenu postojeće uporabe sita, gdje bi svaka individualna čelija predstavljala jednu točku procjepa sita, a medij koji bi propuštalo u ovom slučaju je sitotiskarska boja. Nadovezivanjem čelija možemo simulirati fino tkano sito, ovisno o veličini same čelije. Implementacijom „shutter“ tehnologije se:

- uklanja upotreba sita
- uklanja upotreba sitotiskarskih okvira
- uklanja dugotrajna priprema za tisak
- uklanja upotreba emulzije
- uklanja trošak nabave dodatnog postrojenja
- uklanja trošak obrade sita
- uklanja udio grešaka uzrokovanih ljudskim faktorom
- skraćuje cjelokupni tok tiska
- povećava brzinu otiskivanja
- dobiva isplativ tisak malih naklada
- postiže mogućnost personalizacije tiska
- postiže mogućnost standardizacije sitotiska
- postiže mogućnost većeg broja otisaka prije zamjene sita
- neodređena veličina formata



Slika 23. Shematski prikaz toka tiska u sitotisku implementacijom „shutter“ tehnologije

Autorski rad

Princip otiskivanja se vrši isto kao u standardnom sitotisku, gdje se boja protiskuje kroz porozni materijal u kontaktu sa tiskovnom površinom. U ovom slučaju porozni materijal predstavljaju aktivirane čelije koje na bazi rada elektrostatičke zajedno simuliraju tiskovnu formu željenog dizajna. Slijedi link koji prikazuje video simulaciju otiskivanja sa implementiranom „shutter“ tehnologijom u sitotiskarskoj tehnici:

<https://www.youtube.com/watch?v=SYzGHWlsIiU&feature=youtu.be>

Postoji niz uvjeta koje čelija mora ispuniti ovisno o funkciji za koju je namijenjena. U ovom slučaju čelija mora biti određene veličine kako bih se izvršio kvalitetan otisak. Što je čelija manja, to je rezolucija otisnutog dizajna veća. Također mora biti otporna na mehanička oštećenja i deformacije koje slijede tokom protiskivanja boje.

Predviđaju se problemi koji zahtijevaju daljnju prilagodbu cjelokupnog sustava:

- izrada programa koji kontrolira funkcije čelije
- otiskivanje više boja – raster
- ispravan registar
- životni vijek čelija
- nemogućnost tiska na nepravilnim površinama
- isplativost implementacije tehnologije u postrojenje

Napomena: Za dobivanje konkretnih rezultata potrebna su daljnja istraživanja.

5. ZAKLJUČAK

Upotrebljavamo tehnologiju kako bih olakšali svakodnevne rutine. Isto tako je i u poslovanju. Iako se poznavanje rada i postupaka zastarjele tehnologije tiska ne smije zaboraviti, potrebno se prilagoditi potražnji i zahtjevima doba u kojem se trenutno nalazimo.

Teorijski dio rada jasno prikazuje kako je postupak tiska u tiskarskoj tehnici sitotiska dugačak i podložan brojnim faktorima koji gotovom otisnutom proizvodu mogu dati potencijalno neželjene rezultate. Svaki segment tiska ima mogućnost izmjene i korekcije, što u rukama iskusnog sitotiskara može biti velika prednost. Iako je svestranost željena vrlina određene industrije, nije upotrebljiva ako ona nije vremenski i ekonomski isplativa. Inovacije tehnologije sitotiska nisu dorasle potražnji digitalnog doba. Problem je u postupku implementacije inovacije koji ovisi o ostalim segmentima toka tiska. Iako adekvatno obavljaju svoju ulogu nisu dovoljni da utječu na cjelokupan tiskovni tok sitotiska.

Digitalna tehnologija dominira u suvremenom svijetu i polako guši klasične tehnike tiska koje znamo bez obzira na zastoje u kvaliteti. Među tim tehnikama tiska je i tehnika sitotiska, koja do pojave digitalne tehnologije nije imala konkurenciju na tržištu tiska. Sitotiskarska tehnologija pada u zaborav stapajući se sa znanostima poput elektrotehnike i inženjerstva. Tradiciju i nauku tehnologije preuzimaju druge industrije koje mogu bolje iskoristiti istu tehnologiju.

Suvremena digitalna tehnologija pruža više mogućnosti, istovremeno niz znanja koja su bila vezana uz klasičnu grafičku tehnologiju postaju sve manje bitna. Digitalnom tehnologijom je moguće otisnuti na sve više različitih materijala. Dok se digitalna tehnologija razvija, tradicionalne tehnologije padaju u zaborav. Tehnologije tiska koje se dalje razvijaju su sve kvalitetnije. Cijena otiskivanja je sve manja. U skladu sa svime navedenim za očekivati je da će se ti trendovi i dalje nastaviti.

U konačnici, ukoliko ne dođe do drastične promjene u tehnici sitotiska uskoro će postati tehnologija prošlosti.

6. LITERATURA

1. *** http://en.wikipedia.org/wiki/Textile_printing, 17.09.2014.
2. Frank J. Romano, Richard M. Romano (1998). The GATF Encyclopedia of graphic communications, Upper Saddle River
3. Sefar AG, Priručnik za sitotiskare, (2001). Zagreb : Hrvatska udruga sitotiskara
4. *** http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_printing, 17.09.2014.
5. *** <http://www.ooshirts.com/guides/History-of-Screen-Printing.html>, 17.09.2014.
6. Jonas Wandeler, Meeting Paul Wyber, „*interview*“
7. Eszter Horvath (2013). Department of Electronics Technology, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary
8. Endurascreen, Screenprinting 101
9. *** http://www.screenweb.com/content/forecasting-future-screen-printing-technology#.U_IBMPmSw-V, 17.09.2014.
10. *** http://www.ami.ac.uk/courses/topics/0222_print/, 17.09.2014.
11. Kevin Haas, Screenprinting: Creating films for screenprinting
12. International paper company (2003). Pocket pal – the handy little book of graphic arts production, Memphis
13. Helmut Kipphan (2001). Handbook of print media, Berlin
14. Stjepan Horvatić (2004). Tiskarske rotacije i roto-tisak, Zagreb
15. *** http://en.wikipedia.org/wiki/Screen_printing, 17.09.2014.
16. *** http://www.ehow.com/info_8619673_difference-between-screen-printing-inks.html, 17.09.2014.
17. *** <http://en.wikipedia.org/wiki/Plastisol>, 21.08.2012.

18. Constance Sidles (2001). Graphic designer's digital printing and prepress handbook, Rockport Publishers, USA
19. Roni Henning (2006). Water-based screenprinting today: from hands-on techniques to digital technology, Broadway, New York
20. *** <https://www.customlogousa.com/Articles/the-history-of-screen-printing>, 21.08.2012.
21. *** <http://www.kevinhaas.com/printmaking>, 21.08.2012.
22. *** <http://www.fespa.com/>, 21.08.2012.

POPIS SLIKA

SLIKA 1. MODERAN PRIMJER TISKA ŠABLONAMA.	3
SLIKA 2. PRIMJENA SERIGRAFIJE, CHARLES DWYER, 1999., "THE AFFIRMATION".	5
SLIKA 3. KULTUROLOŠKI UTJECAJ SITOTISKA, ANDY WARHOL, 1962., "MARILYN DYPTICH"...	6
SLIKA 4. IZRADA PLAKATA JAN BONSA	7
SLIKA 5. STANDARDNA SHEMA SITOTISKA.....	10
SLIKA 6. RAZLIČITE METODE TKANJA: A) OBIČNO TKANJE, B) KEPER TKANJE, C) GAZNO TKANJE	16
SLIKA 7. DRVENI SITOTISKARSKI OKVIRI.	19
SLIKA 8. ALUMINIJSKI SITOTISKARSKI OKVIRI.	20
SLIKA 9. STROJ ZA RUČNO NAPINJANJE SITOTISKARSKE MREŽE PREKO OKVIRA „MODEL 200“	23
SLIKA 10. GUMENI RAKEL SA RAVNOM 90° OŠTRICOM I BRUŠENOM 30° OŠTRICOM.....	25
SLIKA 11. FOTOGRAFSKI FILM.	30
SLIKA 12. GRAFIČKI PRIKAZ UDJELA DJELATNIKA U POGONIMA TISKA ŠIROKOG FORMATA; N=250	37
SLIKA 13. GRAFIČKI PRIKAZ ZASTUPLJENOSTI TISKARSKIH POGONA; N=250	38
SLIKA 14. GRAFIČKI PRIKAZ OČEKIVANJA ZA BUDUĆNOST TISKA ŠIROKOG FORMATA; N=250	40
SLIKA 15. GRAFIČKI PRIKAZ OČEKIVANJA ZA BUDUĆNOST TISKA ŠIROKOG FORMATA - N=246	42
SLIKA 16. INVESTICIJA U POSTROJENJE - N=250.....	43
SLIKA 17. TREND TISKA NA MEDIJE UNUTAR INDUSTRIJE TISKA ŠIROKOG FORMATA N=250	44
SLIKA 18. GRAFIČKI PRIKAZ BROJA DJELATNIKA U SITOTISKARSKIM POSTROJENJIMA; N = 33	45
SLIKA 19. GRAFIČKI PRIKAZ BROJA POKRENUTIH SITOTISKARSKIH POGONA UNAZAD 40 GODINA N = 66	46
GRAFIČKI PRIKAZ SITOTISKARSKIH POGONA I DIGITALNIH POGONA UNUTAR POJEDINI POSTROJENJA; N - 30	47
SLIKA 21.....	48
HEMATSKI PRIKAZ STANDARDNOG TISKOVNOG TOKA SITOTISKA	52
SLIKA 23.....	54

POPIS VIDEO ZAPISA

Video zapis 1: Usporedba DTG i sitotiska (*str.* [44](#)):

https://www.youtube.com/watch?v=uJr1k_JnOAU

Video zapis 2: Implementacija shutter tehnologije (*str.* [54](#)):

<https://www.youtube.com/watch?v=SYzGHWIsIiU&feature=youtu.be>

POPIS PRILOGA

Prilog 1 / Diplomski rad u digitalnom obliku (CD)

Prilog 2 / Datoteka video simulacije otiskivanja sa implementiranom „*shutter*“ tehnologijom u sitotiskarskoj tehnici (CD)